

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského
inženýrství

Bezpečnostní řídicí systém pro realizace v dopravě
Safety control system for traffic realization

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Pátek**
Studijní program: **N2649 Elektrotechnika**
Studijní obor: **2601T004 Měřicí a řídicí technika**
Téma: **Bezpečnostní řídicí systém pro realizace v dopravě
Safety Control System for Traffic Realization**

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor problematiky bezpečného řízení v dopravě.
2. Návrh bezpečnostního řídicího systému pro realizace v dopravě.
3. Realizace bezpečnostního řídicího systému pro realizace v dopravě.
4. Vizualizace a srovnání naměřených výsledků s teoretickými předpoklady.
5. Zhodnocení dosažených výsledků práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika*. 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 2005, 237 s. ISBN 80-7232-241-9.
[2] VYSTAVĚL, Radek. *Moderní programování pro začátečníky*. 3. vyd. Ondřejov: moderníProgramování, 2009, 195 s. ISBN 978-80-903951-6-9.
[3] VYSTAVĚL, Radek. *Moderní programování pro středně pokročilé*. 1. vyd. Ondřejov: moderníProgramování, 2008-2009, 2 sv. ISBN 978-80-903951-2-1.
[4] STÁREK, Zbyněk a Vojtěch VONDRÁK. *Železniční modelářství pro každého*. Vyd. 2. Praha: Computer Press, 2003, ix, 209 s. Hobby. ISBN 80-251-0168-1.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Macháček, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014



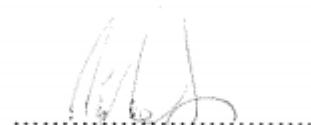
doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.*

A handwritten signature in dark ink, consisting of stylized, cursive letters, positioned above a horizontal dotted line.

Bc. Lukáš Pátek

Datum odevzdání diplomové práce: 7. 5. 2014

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Zdeňkovi Macháčkovi, Ph.D za cenné rady, konzultace a připomínky spojené s mou prací. A Ing. Liborovi Kovářovi, který je zaměstnán ve firmě AŽD Praha s.r.o. zabývající se výrobou a dodávkou zabezpečovacího zařízení pro železniční dopravu, za odborné rady které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem a realizací bezpečnostním řídicím systémem pro realizaci v dopravě. Řešení bude aplikováno po návrhu a stavbě na model vlakové železnice řízené digitální stanicí Roco 10830. Model železnice má dvě nádraží a skládá se z 22 výhybek, 24 oddělených úseků a 31 návěstidel. Koncepce řídicího systému je založena na digitálním řízení a využitím DCC/NMRA standardu pro řízení lokomotiv, modulů výhybek, návěstidel a zpětnou vazbou pro detekci pozice vlaku. Možnost využití sběrnice XpressNet pro připojení dalších řídicích prvků k ovládání jízdy lokomotivy. Při využití řízení pomocí počítače propojeného s digitální centrálou je využito komunikačního protokolu Roconet a USB rozhraní. Testování a programování modelu je možné digitálním ovladačem multiMAUS a nebo pomocí vývojových návrhových softwarů. Možným řešením je např. Rocomotion, který jsem využil a s jeho pomocí vytvořil automatický provoz s výběrem manuálního, poloautomatického nebo plně automatického provozu až tří lokomotiv. Rozmístění jednotlivých prvků modelu je zobrazeno v situačním schématu, dále v závěrové tabulce jsou uvedeny vlakové i posunové cesty včetně zobrazení polohy poježděných výhybek a návěstění pro jízdní cesty.

Klíčová slova

DCC, USB, NMRA, ČD, Roco, Rocomotion

Abstract

This thesis describes the design and implementation of a safety control system for implementation in transport. The solution will be applied to the design and construction of the model train railroad controlled digital station Roco 10830. Model Railway has two train stations and consists of 22 crossover, 24 separate sections and 3 light signals. The concept of the control system is based on a digital control using DCC / NMRA standard for the control of locomotives, modules, switches, signals and feedback to detect the position of the train. Possibility to use the bus XpressNet for additional control elements for controlling the driving locomotives. When using the computer control linked with digital central is the communication protocol used Roconet a USB interface. Testing and programming model can be with hand control multiMAUS and digital controller or through the development of design software. A possible solution is as ROCOMOTION, which I used as the means of an automated operation with a choice of manual, semi-automatic or fully automatic operation of up to three locomotives. The distribution of individual elements of the model is shown in situational scheme further in the conclusion table lists the train and shunting routes including the display of running position crossover and signaling for itineraries.

Keywords

DCC, USB, NMRA, ČD, Roco, Rocomotion

Seznam použitých zkratek a symbolů

AC - Alternating current (Střídavý proud)
AŽD - Automatizace železniční dopravy
CV - Configuration variables
ČD - České dráhy
DC - Direct current (Stejnoseměrný proud)
DCC - Digital Command Control
ESA - Elektronické stavědlo
ETCS - European Train Control System
GSM - Globální Systém pro Mobilní komunikaci
LED - Light-Emitting Diode
LS - Liniový vlakový zabezpečovač
LSB - Least significant bit (Nejméně významný bit)
MSB - Most Significant Bit (Nejvýznamější bit)
NMRA - National model railroad association
USB - Universal Serial Bus
WAP - Wireless Application Protocol

Obsah:

1.	Úvod	1
2.	Bezpečné řízení dopravy	3
2.1	Železniční doprava	4
2.2	Základní pojmy a předpisy drážního provozu:	4
2.3	Popis návěstidel	6
2.4	Zabezpečovací zařízení železniční dopravy	8
3.	Analýza řízení modelové železnice	10
3.1	Rozdělení a typy modelové železnice	10
3.2	Ovládací elektronika a způsoby řízení	11
4.	Popis komponent realizovaného železničního modelu	12
4.1	Mechanická část modelu	12
4.2	Řídící elektronika	13
5.	Analýza a návrh komunikačního řídicího systému	21
5.1	Základní popis řízení a komunikace DCC standardu	21
5.2	Komunikační sběrnice XpressNet (X - bus)	26
5.3	Komunikační protokol RocoNet	27
6.	Rozbor možností řízení a softwarových vývojových nástrojů	28
7.	Návrh dopravního modelu pro verifikaci řízení systému	30
7.1	Zásady zabezpečení jízd vlaků	30
7.2	Situační schéma	32
7.3	Závěrové tabulky	33
7.4	Norma zabezpečení 342620 TMŽ	34
8.	Realizace železničního modelu a implementace systému řízení	35
8.1	Konstrukce dopravního modelu	35
8.2	Blokové schéma	36
8.3	Schéma zapojení	37
8.4	Popis komunikace vývojové uživatelské aplikace s řídicí jednotkou	38
9.	Realizace a implementace řízení provozu	39
9.1	Řízení s využitím ovladače multiMAUS	39
9.2	Vývojové prostředí Rocomotion	43
10.	Verifikace a testování systému	53

1. Úvod

Návrh celého bezpečnostního a řídicího systému v dopravě je složitý a pro názornou je zrealizován model železnice typu H0. Hlavním cílem bylo navrhnout a zrealizovat řízený výukový dopravní model, který budou v budoucnu využívat studenti na katedře Kybernetiky a biomedicínského inženýrství. Další důležitou částí bylo navrhnout a vytvořit řídicí aplikaci aby bylo umožněno ovládání podobné dispečerskému řízení provozu. K programování řídicího systému byl využit vývojový návrhový program a po vytvoření byla jeho funkčnost následně testována. Správná funkčnost řídicích prvků ovládané pomocí počítače umožnila simulaci provozu a tím verifikování předpokladů pro zajištění bezpečnosti železniční dopravy.

Nejhorším faktorem pro bezpečnost je lidský faktor a právě proto je s příchodem nových technologií stále více nahrazován. V případech jako je silniční doprava je zatím počítačové řízení v celkovém měřítku nemyslitelné. Oproti tomu v železniční dopravě se začalo používat počítačové řízení a následná automatizace provozu, kde už člověk minimálně zasahoval do procesu řízení. Spolu se zavedením zpětné vazby zabezpečovacích prvků a tím vytvoření oboustranné komunikace dopravních prostředků a řídicího systému došlo k velmi spolehlivé bezpečnosti dopravy jakou je např. letecká doprava.

Nejdřív jsem analyzoval možnosti a řízení modelových železnic, jsou popsány jak rozdělení tak typy modelových železnic. Dále je popsána ovládací a řídicí elektronika pro uvedení lokomotivy do pohybu a tím zajištění provozu. Je udělán rozbor způsobů řízení rychlosti, směru a jízdy modelu vlakové soupravy.

V kapitole popisu komponent realizovaného modelu jsou uvedeny všechny komponenty dopravního modelu. Model se skládá z mechanických (stavebních) prvků určených pro realizaci věrnosti modelu dle reálného provedení. Další nedílnou součástí je ovládací elektronika pro umožnění řízení provozu. Vybrané elektronické prvky byly zvoleny podle cenové dostupnosti a hlavně podle jejich všestranné využitelnosti a kompatibility s DCC standardem.

Nedílnou součástí je komunikace systému a přenos řídicího signálu z řídicí jednotky přes koleje do přijímače umístěném v modelu lokomotivy s využitím dnes běžně používaného DCC standardu. Dále je popsána komunikační síť XpressNet pro připojení ovládacích prvků. Počítač tvoří hlavní řídicí systém propojený s řídicí stanicí přes USB rozhraní, a obousměrný tok informací je přenášen podle protokolu RocoNet.

Dále jsou stanoveny požadavky na řízený model a požadavky na řídicí aplikaci. Byl udělán rozbor možných řídicích způsobů ovládání a možnosti řízení s využitím počítače, a k tomu potřebné softwary. Počítačové řízení proniká i do dříve nemyslitelných oblastí, nejenom tomu je i v případě ovládání modelových železnic. Digitální systémy řízení postupně nahrazují dříve používané, jednoduché analogové ovládání jízdy vlaků a příslušenství. Tím je umožněno vytvoření řídicího a bezpečnostního systému pomocí vývojového návrhového programu Rocomotion.

Byl navržen a zrealizován ukázkový model železniční s vizualizací dispečerského prostředí pro verifikaci řízení systému. Navrhl jsem propozici a rozmístění všech součástí a pro vzniklý plán kolejí jsem vytvořil situační schéma, v kterém jsou navrženy jednotlivé výhybky, oddíly, návěstidla a hlavní součásti pro bezpečné řízení. Postup návrhu byl konzultován a poté proveden podobnými metodami jako firmou AŽD Praha s.r.o. která se touto problematikou. Způsoby návrhu pro následnou implementaci řízení jsou z přizpůsobeny v souladu s předpisy ČD D1 a ČD D2.

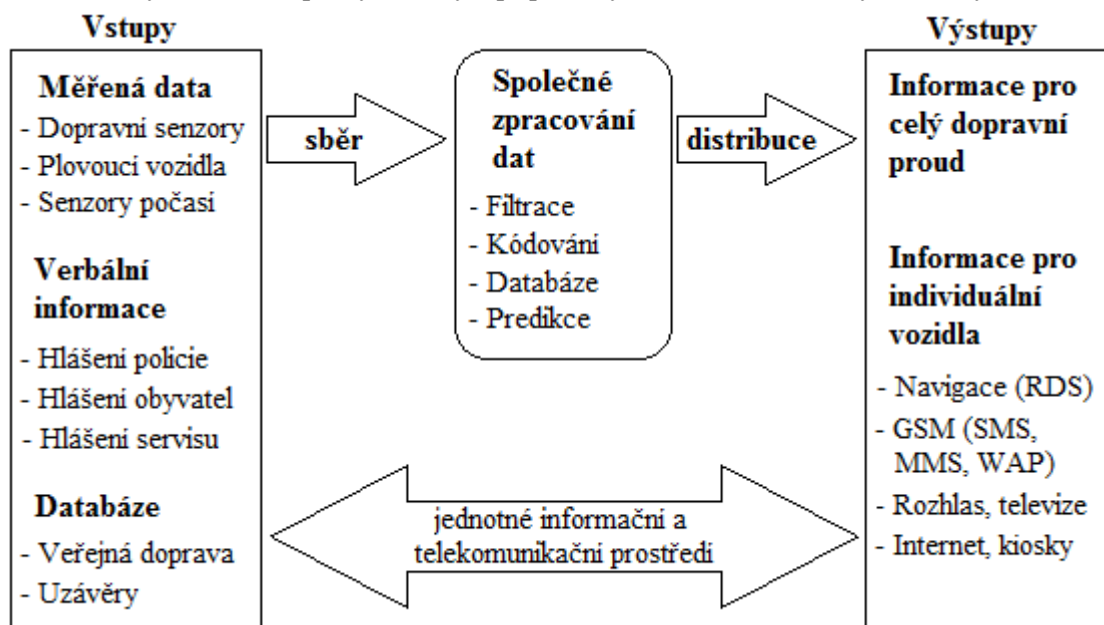
Stavba byla provedena s ohledem na návrh celého modelu a následným spojením kolejí se vytvořil kolejový plán. V hotovém kolejišti byli zřízeny oddíly a zapojily se jednotlivé koleje oddílů, výhybky a návěstidla k řídícím modulům řízených digitální centrálou. Provázanost a jednotlivých prvků je v blokovém schématu a jejich propojení je znázorněno schématem. Z důvodu rozsáhlosti je celkové schéma jednotlivě zapojených prvků a částí v příloze č. 10.

System řízení modelu je možné kontrolovat a řídit s využitím ovladače a nebo řídící aplikaci v PC připojených k digitální centrále. Programovat model a nastavovat různé adresy v paměti a tím určovat nebo měnit parametry jednotlivých elektronických jednotek umožňuje rozmanitý automatizovaný provoz s mnoha funkcemi.

V poslední části je celý řídící systém verifikován dle bezpečného provozu modelu, a shodnosti s návrhem uvedeném v závěrových tabulkách. Taktéž je změřeno a porovnáno proudové zatížení elektronických komponent a jednotlivých lokomotiv. Pro zvolenou lokomotivu byla změřena závislost rychlosti a slonu na proudovém zatížení při stoupání, klesání a jízdě po rovině trati.

2. Bezpečné řízení dopravy

Jak v budoucnu co nejlépe překonat vzdálenost mezi body A a B? Když se nad touto otázkou zamyslíme, dojdeme k závěru, že se na staré zvyky a předpoklady budou muset aplikovat nové technologie a zásady. Zlepší se situace řidičů a to nejen při řízení, zdokonalí se dopravní prostředky, dopravní a veřejná síť. Dopravní infrastruktura a její správa zkrátka nejsou připraveny zvládnout problémy světové dopravy. Situace se však může zlepšit, ale je nutné domýšlet souvislosti uvnitř dopravního systému a brát v potaz i jeho provázanost se všemi dalšími systémy a to např. dodavatelskými řetězci, životním prostředím, společnostmi, se způsobem života a práce dnešních městských lidí. Doprava, to není jen řada aut nebo prolétající letadla, je to celá propojená síť. Chytré dopravní systémy zatím nejsou obvyklé, ale jsou na dosah blíže než se zdá. Každý takový systém musí být hlavně bezpečný, včasný a připravený na zvládnutí veškerých možných rizik. [1]



Obr. 1: Základní koncept dopravního informačního systému. [2]

Řízení rizik pro účastníky i pracovníky v silniční, železniční, letecké a vodní dopravě může být náročné z důvodů odlišné složitosti a povahy dopravních míst a rizik jejímž účastníci provozu čelí. Neustále se zvyšující provoz má za následek přibývajících dopravních zácpy, nehody a zároveň prodlužování časových prostojů a zvyšování ekologické zátěže. Řešením těchto problémů a tím zbezpečnit dopravu je možné pomocí dopravního průzkumu, vodorovných a svislých značení, světelná signalizační zařízení a radary, systémy indikace nečekaných a zakázaných zásahů (chodci, zvíř), modelováním změn dopravního řešení a navigační informační systémy. Způsob řízení v dopravě dělíme na Centralizované a na decentralizované. Centralizovaná inteligence řízení spočívá ve vyhodnocení všech detektorů v oblasti a optimalizačním výpočtu pohybu dopravních prostředků. Na základě výpočtu se v reálném čase mění řízené parametry. Při decentralizované inteligenci řízení dopravní uzel reaguje okamžitě na stavy dopravy. Vyšší úroveň je řídicí počítač ve funkci koordinátora jednotlivých uzlů sítě. Sbírají se data od všech detektorů a podle momentální dopravní situace mění délky cyklu, skladbu fází, případně délky prostojů. V této práci je řešena problematika železniční dopravy, která je řízena a hlídána pomocí centralizovaných dispečerských center, ale kombinují se i s decentralizovanějším řízením. Každý pohyb je řízen nadřazeným systémem, a tím je umožněna ukázka bezpečného řízení v dopravě. [1], [2]

2.1 Železniční doprava

Nejprve je důležité specifikovat co se nachází pod pojmem železniční doprava i s termíny spojenými s touto problematikou. Železniční doprava je kolejová doprava provozovaná na železniční dráze. Proti silniční dopravě se kolejová doprava vyznačuje relativně nízkou spotřebou energie na tunokilometr. Je to dáno nízkým valivým odporem soustavy kolo – kolejnice. Železniční dopravu dělíme na nákladní, osobní a taky podle druhu energie, která pohání lokomotivu nebo celou soupravu. A to od parních, dieselových přes elektrické, které se dále dělí dle druhu napětí v trakční soustavě. Byť s rozvojem silniční a letecké dopravy ve druhé polovině dvacátého století význam upadl, je železnice stále významným a prakticky nenahraditelným přepravcem velkých objemů materiálů (například uhlí, železné rudy). Spolu s výstavbou vysokorychlostních tratí se železniční doprava osob znovu stává konkurencí pro dopravu silniční i leteckou mezi centry měst na střední vzdálenosti. Železniční dráha neboli železnice se obecně dělí do čtyř skupin normální, široké, úzké a to podle rozchodu, tím myšleno vzdálenost mezi kolejemi. Obecně platí, že čím užší rozchod, tím je možný menší poloměr oblouků, ale tím i menší možná hmotnost a rychlost vlaků. Existují i speciální druhy železnic jako např. ozubnicové dráhy a také zcela nekonvenční vysokorychlostní tratě označované jako Maglev využívající magnetické levitace. Vlak se pohybuje na polštáři magnetického pole, které je vytvářeno soustavou supravodivých magnetů, zabudovaných v trati i ve vlaku. [3]

2.2 Základní pojmy a předpisy drážního provozu:

Zábrzdná vzdálenost

Vzdálenost, na kterou vlak bezpečně zastaví při normálním brzdění. V české železniční síti se používají zábrzdne vzdálenosti 400, 700 a 1000 metrů pro rychlosti 60, 100 a nad 120 km/h. Zábrzdná vzdálenost na modelovém kolejišti by měla být alespoň délka nejdelší běžně provozované soupravy, a připočíst rezervu cca 20 - 30 cm. [4]

Návěstidlo

Může být přenosné nebo neprenosné, návěstidlo předává vizuální cestou strojvedoucímu návěsti, tedy informace a rozkazy pro další jízdu nebo posun. Proměnná návěstidla předávají informaci o volnosti následujícího úseku a o rychlostních omezeních pro další jízdu v závislosti na postavených jízdních cest. Rozděluje se podle účelu na hlavní návěstidla (vjezdová, odjezdová, cestová, oddílová atd.), seřaďovací, předvěsti, indikátory, návěsti výhybek, značka nebo dokonce i barevná svítidla v ruce dopravního zaměstnance, kterou se dává signál, tedy návěst. [4]

Předvěst

Návěstidlo dávající strojvedoucímu informaci o návěsti následujícího vjezdového návěstidla tak, aby byla dodržena zábrzdná vzdálenost a aby nedošlo ke zbytečnému snížení rychlosti a tím i neekonomickému řízení. [4]

Počítač náprav

Je systém určený pro vyhodnocování volnosti kolejových úseků. Pracuje na principu počítání náprav železničních vozidel. Skládá se z kolového senzoru umístěného v kolejišti a řídicí elektroniky umístěné ve stavědlové ústředně. Propojení senzoru s vnitřní elektronikou je provedeno kabelem. Řídicí elektronika předává informace o volnosti (obsazení) kolejového úseku a případných poruchách zabezpečovacímu zařízení. [4]

Prostorový oddíl

Je ohraničený alespoň z jedné strany oddílovým nebo vjezdovým návěstidlem. Platí zásada, že při běžném provozu se v jednom prostorovém oddílu smí nacházet jeden vlak. Další vlak smí do prostorového oddílu vjet, až když předchozí vlak jej celý opustí. Vznikají samozřejmě výjimky a to například při jízdě vlaku na obsazenou kolej nebo na automatickém bloku, kde je povoleno při splnění určitých podmínek projet návěst stůj. Volnost prostorových oddílů se zjišťuje kolejovými obvody, nebo počítači náprav. Kolejové obvody jsou poměrně nákladné na provoz a údržbu důvodu zajištění izolačních vlastností kolejového svršku. Jejich velkou výhodou je možnost vysílání kódu vlakového zabezpečovače a hlídání celistvosti koleje. [4]

Automatické hradlo

Automatické obousměrné traťové zabezpečovací zařízení sloužící k řízení jízd vlaků mezi stanicemi a to i ve dvou traťových oddílech. Zařízení znemožňuje postavit odjezdové návěstidlo do polohy dovolující jízdu vlaku pokud nemá stanice přijatý traťový souhlas a zároveň není volný přilehlý prostorový oddíl. Automatické hradlo se zřizuje na tratích, kde není provozně účelné zřídit automatický blok, který je náročnější jak na údržbu, tak na pořizovací náklady. Délka mezistaničního úseku může být v řádu desítek kilometrů. [4], [5]

Automatický blok

Nezávisle na lidském faktoru, je schopný přenosu návěstí na stanoviště strojvedoucího pomocí kódu LVZ. Zajišťuje na trati rozdělení na prostorové oddíly, aby se v každém oddíle nacházel nejvýše jeden vlak. Je to série za sebou jdoucích návěstidel umístěných na zábrzdnu vzdálenost, které spolu spolupracují. Většinou se využívá na tratích s vyšší povolenou rychlostí a v případě obousměrného autobloku taky zajišťuje směr jízdy na traťové koleji. Návěstidla autobloku návěstí tři základní návěsti: [4], [5]

- Stůj (červená) - prostorový oddíl za tímto návěstidlem je obsazený.
- Výstraha (žlutá) - pouze jeden prostorový oddíl za tímto návěstidlem je volný.
- Volno (zelená) - minimálně dva prostorové oddíly za tímto návěstidlem jsou volné.

Předpisy provozovatele drážní dopravy

1. Dopravní a návěstní předpisy D1 - Předpis pro používání návěstí při organizování a provozování drážní dopravy. Popisuje základní návěsti, rozdělení návěstidel a rychlostní návěstní soustavu. [4]

2. Organizování a provozování drážní dopravy D2 - Jedná se o klasický způsob řízení vlakové dopravy na většině tratí. Prostorové oddíly jsou ohraničeny hlavními návěstidly a to vjezdovými a odjezdovými, někdy též cestovými a oddílovými. Výjimku může tvořit stanice bez odjezdových návěstidel, zde pak jízdu vlaku na trať povoluje pouze výpravčí. Předpis popisuje základní pojmy, standardní podmínky, zabezpečení jízd vlaků. [4]

3. Zjednodušené řízení drážní dopravy D3 - Provoz se používá pouze na vybraných regionálních tratích s nízkou traťovou rychlostí a menším počtem vlaků. Pro zastavení se využívá lichoběžníkové tabulky ale nenahrazuje vjezdová a odjezdová návěstidla, která nejsou na trati použita. Jízdu vlaků v pouze fiktivních prostorových oddílech řídí dálkově dispečer telefonicky nebo vysílačkou. [4]

2.3 Popis návěstidel

Umístění návěstidel

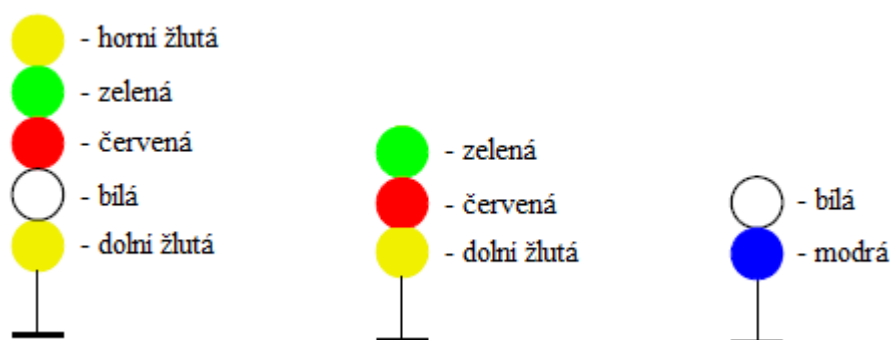
Návěstidla se zpravidla umisťují vpravo od koleje ve směru jízdy pro kterou platí, ve stanicích je to téměř bez výjimek. Mohou být i vlevo pokud to například zlepší jejich viditelnost. [4]

Sled návěstidel

Ve stanici má každé vjezdové návěstidlo svojí předvěst, ať už světelnou nebo mechanickou. Tato předvěst návěstí svými znaky přenos návěsti z vjezdového návěstidla. Vjezdové návěstidlo jednak návěstí rychlost, kterou může vlak pokračovat za tímto návěstidlem a dále předvěstí návěst na následujícím návěstidle. Odjezdová návěstidla opět návěstí rychlost, kterou je možno pokračovat od tohoto návěstidla a předvěstí návěst na prvním oddílovém návěstidle autobloku, pokud je ním mezistaniční úsek vybaven. Předvěst a hlavní návěstidla, se pokud možno umisťují na zábrzdnu vzdálenost. [4]

Základní pořadí světel

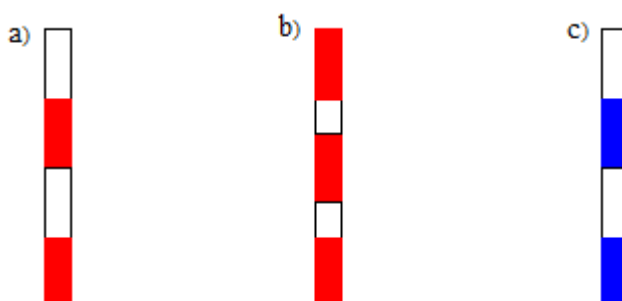
Světa, která na konkrétním návěstidle nejsou nutné pro funkci se vynechají, pořadí se však musí zachovat. [4]



Obr. 2: Návěstidlo hlavní, autoblokové a seřad'ovací.

Označovací pásy na návěstidlech

Na samostatné předvěsti a opakovací předvěsti není označovací pás, má pouze šedý nátěr stožáru. [4]



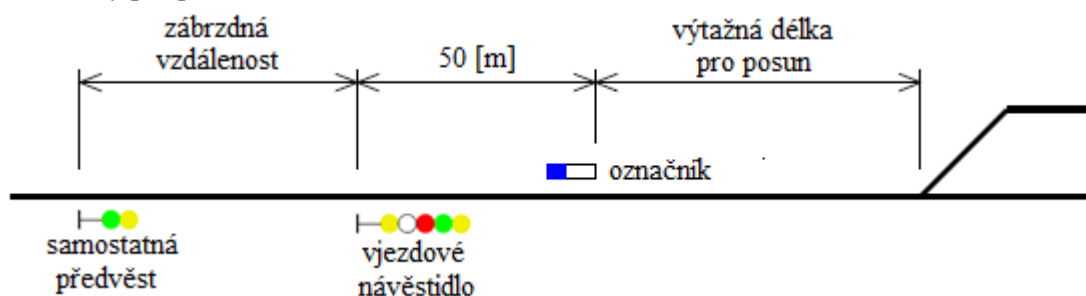
Obr. 3: a) Návěstidlo platí pouze pro jízdu vlaku b) Návěstidlo platí pouze pro jízdu vlaku a posun c) Návěstidlo platí pouze pro posun.

Stožárová a trpasličí návěstidla

Vjezdové návěstidlo a samostatná předzvěst musí být vždy stožárové. Odjezdová návěstidla, cestová a opakovací předzvěsti se používají přednostně stožárová, mohou být i trpasličí, ale jen u kolejí s rychlostí do 60 km/h. Seřaďovací návěstidla v místech, kde kolem nich vedou i vlakové cesty se přednostně používají trpasličí a v místech, kde kolem nich vedou pouze posunové cesty se přednostně používají stožárová. [4]

Vjezdové návěstidlo a jeho umístění

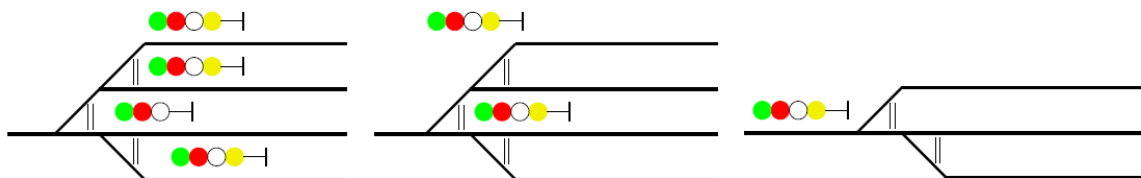
Jsou povinná a povolují vjezd vlaku z trati do stanice. Před vjezdovým návěstidlem se umísťuje samostatná předzvěst nebo alespoň tabulka s křížem. Vjezdová návěstidla ve stanicích, kde se provádí posun, se umísťují minimálně cca 100 metrů před krajní výhybku, většinou však více, běžně 250 -300 metrů, někdy výjimečně i 600 metrů. Označník určuje konec vzdálenosti výtažné délky pro posun. [4]



Obr. 4: Rozmístění vjezdového návěstidla a jeho předvěsti.

Odjezdová návěstidla a jejich umístění

Odjezdová návěstidla nejsou povinná a povolují odjezd vlaku ze stanice na trať. Jejich absence se však toleruje pouze u starých mechanických nebo elektromechanických zařízení, na reléovém nebo elektronickém stavědle musí být vždy. Odjezdová návěstidla mohou být buď samostatná u každé dopravní koleje nebo skupinová, která platí pro skupinu kolejí a skupinové společné, většinou se umísťuje až za poslední výhybkou a platí pro všechny koleje. [4]






Obr. 5: Možnosti rozmístění odjezdových návěstidel

Předpis ČD D1 pro používání návěstí při organizování a provozování drážní dopravy obsahuje jednotná předpisová ustanovení závazná pro používání návěstí u Českých drah. Řádná znalost a dodržování ustanovení tohoto předpisu patří mezi základní předpoklady k zajištění bezpečnosti a plynulosti železniční dopravy.

Základní návěsti stanoví Vyhláška Ministerstva dopravy č. 173/1995 Sb., ze dne 22. června 1995, Dopravní řád drah. Návěst dávaná hlavním návěstidlem buď jízdu vlaku zakazuje, nebo dovoluje. Návěst Stůj jízdu vlaku zakazuje, ostatní návěsti (mimo návěst Posun dovolen) jízdu vlaku dovolují. V případech stanovených předpisem ČD D2 mohou návěsti dovolující nebo zakazující jízdu vlaku dovolovat nebo zakazovat i jízdu vozidel při posunu. [4]

Význam základních návěstí:

Tab. 1: Základní stavy návěstidel

Návěstidlo	Název	Návěst	Barva návěsti	Poznámka
	Seřadovací návěstidlo	Posun povolen Posun zakázán	Bílá Modrá	Na odstavných a manipulačních kolejích
	Odjezdové návěstidlo	Stůj Volno (odjezd přímo) Volno (odjezd odbočkou) Posun povolen Nezabezpečený posun	Červená Zelená Zelená a žlutá Bílá Červená a bílá	U přímé koleje je jen zelená, u odbočky zelená a žlutá
	Vjezdové návěstidlo	Stůj Volno Vjezd přímo Vjezd odbočkou Přivolávací návěst	Červená Zelená Žlutá Žlutá a žlutá Červená a bílá	

2.4 Zabezpečovací zařízení železniční dopravy

Zabezpečovací technika se rozvíjí stejnou dobou jako železniční doprava samotná. Myslím si, že se železnice stala kolébkou mnoha technologií. Od rozvoje parního stroje, který našel velké uplatnění právě na železnici, po různé druhy sdělovacích a zabezpečovacích technologií. Již od počátku bylo nutné zajistit bezpečnost v železniční dopravě a minimalizovat tak možnost vzniku mimořádných situací. Vývoj postupoval od čistě mechanických druhů zabezpečovacích zařízení přes elektromechanické, reléové, až po v dnešní době aktuální elektronické druhy těchto zařízení. Hlavním cílem je zajistit plnění podmínek pro bezpečnou jízdu po celou dobu průjezdu nebo posunu vlaku. [5], [6]

Podmínky pro bezpečnou jízdu jsou:

- Volnost všech úseků jízdní cesty.
- Správné polohy všech projížděných a odvratných výhybek.
- Zajištění pohyblivých prvků výhybek po celou dobu jízdy.
- Vyloučení současně zakázaných jízdních cest

Teprve po splnění těchto podmínek je možné přestavit návěstidlo na začátku jízdní cesty do polohy dovolující jízdu. [5], [6]

Do kategorie zabezpečovacích zařízení spadají:

SZZ - Staniční zabezpečovací zařízení

Zajišťuje zabezpečení provozu v rámci jednotlivých stanic. Dělíme je do několika kategorií podle bezpečnostních kritérií. Čím vyšší kategorie tím je zajištěna vyšší míra bezpečnosti zabezpečovacího zařízení. Využívají se zde reléové, elektronické zabezpečovací zařízení, jakou jsou elektronická stavědla K - 2002, SZZ - ETB, ESA11, ESA33, ESA44. [5], [6]

TZZ - Traťová zabezpečovací zařízení

Zajišťuje vhodné podmínky pro bezpečný provoz vlaků v mezistaničních úsecích. Jeho úkolem je hlídat volnost traťového mezistaničního úseku a zabránit střetu vlaků jedoucích po stejné koleji. I zde je rozděluje podobně jako u SZZ do tří kategorií. Zařízení ve třetí kategorii pracují automaticky nebo mohou být dálkově ovládána. Mezi tato zařízení patří automatické hradlo, automatický blok. [5], [6]

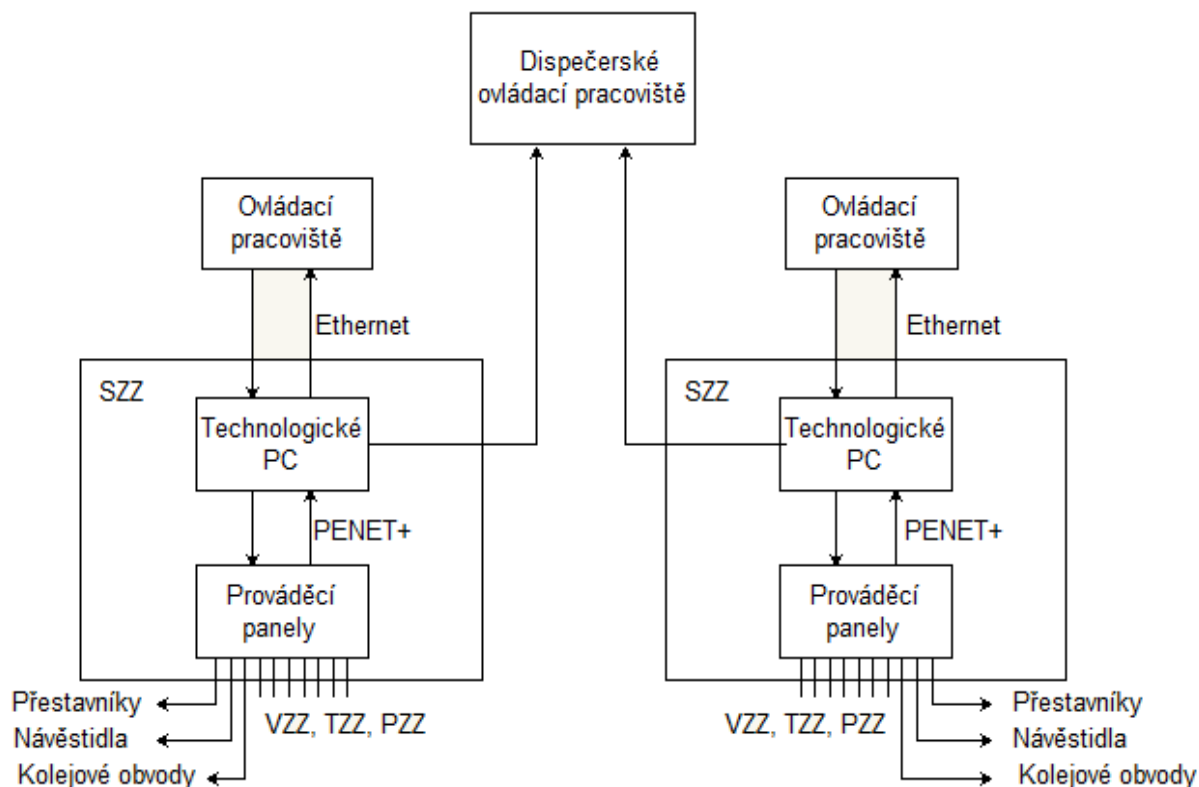
PZZ - Přejezdová zabezpečovací zařízení

Starají se o bezpečné zavření a otevření železničního přejezdu a dokážou do jisté míry reagovat i na vzniklou mimořádnou situaci, jako je nežádoucí ujetí vozů. [5], [6]

VZZ - Vlaková zabezpečovací zařízení

Tvoří velmi důležitou a nepostradatelnou část zabezpečovacích zařízení. Kontrolují jednání strojvedoucího a novější typy vyhodnocují také brzdovou křivku tak, že automaticky počítají nutnou intenzitu brzdění vzhledem ke vzdálenosti, která je k dalšímu návěstidlu. Skládají se z traťové a mobilní části a dělíme je na bodové a liniové a ty dále na vlakový zabezpečovací systém LS, MIREL, ETCS. [5], [6]

V dnešní době je kladen velký důraz na co nejbezpečnější jízdu samotného vlaku. Cílem je také co nejvíce minimalizovat možnost selhání lidského faktoru. Proto na české železnici najdeme různé druhy vlakových zabezpečovacích zařízení, například LVZ-Z - liniový vlakový zabezpečovač, AVV - automatické vedení vlaku. Ovšem existuje zde velká snaha o sjednocení různých národních systémů řízení dopravy. Ať už se jedná o vytvoření jednotného komunikačního standardu (GSM-R), synchronizaci různých druhů zabezpečovacích zařízení nebo právě o sjednocení různých druhů národních vlakových zabezpečovacích zařízení (ETCS). [5], [6]



Obr. 6: Základní blokové schéma systému zabezpečení železniční dopravy.

3. Analýza řízení modelové železnice

Modelová železnice je ztvárněním skutečné železnice a jejího okolí do zmenšeného modelu. Je to svět modelů lokomotiv, vagónů, semaforů a nádraží doplněné figurkami výpravčích, průvodčích, strojvůdců a železničářů zasazených do krajiny. Ze strany modeláře a techniky je tento svět dán souhrnem pravidel, který zajišťuje fungování systémů dopravy. Zpočátku se modely vyráběly jen v domácím prostředí, ale poměrně brzy se výroba modelů stala součástí výrobního programu řady firem. Vychází se z aktuální skutečnosti, z plánů a náčrtů současných i historických, z fotografií a dalších záznamů, a nebo z větší či menší míry fantazie modeláře. [7]

3.1 Rozdělení a typy modelové železnice

Během vývoje vznikla řada velikostí modelové železnice. V některých zemích světa jsou zvyklostně měřítka a rozchody rozdílné, než podle norem platících v ČR vycházejících ze snadného přepočtu palců a stop. Kromě kolejí normálního rozchodu má každé měřítko také přiřazeny menší rozchody, představující provoz na úzkochodých železnicích. Tyto užší rozchody jsou označeny přidáním písmen *m*, *e*, *f* za název měřítka. Nejběžněji používané jsou tyto: [7]

Tab. 2: Rozchody modelových železnic.

Velikost	Měřítka zmenšení	Normální rozchod kolejí	m - Úzký rozchod kolejí	e - Úzký rozchod kolejí	f - Úzký rozchod kolejí
Z	1 : 220	6,5 mm			
N	1:160	9 mm	6,5 mm		
TT	1:120	12 mm	9 mm	6,5 mm	
H0	1:87	16,5 mm	12 mm	9 mm	6,5 mm
S	1:64	22,5 mm			
O	1:45	32 mm	22,5 mm	16,5 mm	12 mm
I	1:32	45 mm			
II(G)	1:22,5	45 mm			

Typy modelových železnic:

Panelová

Jedná se o kolejiště umístěném na jednom panelu, který se obvykle skládá z rámců i z několika rovinami po kterých je vedena trať. Panel funguje jako uzavřený funkční celek, obvykle není určen pro mechanické ani elektrické napojení na jiné tratě mimo panel. [7]

Segmentová

Kolejiště umožňuje pouze jednu možnost sestavení a skládá z několika segmentů, které se napojují přes rozhraní. Výhodou jsou menší rozměry dílů a možnost změny segmentů v budoucnu. [7]

Modulová

Tyto typy kolejiště se skládají z většího množství modulů s normovanými čely. To umožňuje jejich záměnu a stavbu více typů kolejových plánů. Tyto kolejiště jsou řízena digitálně, běžně se po tratích pohybuje až několik desítek vlaků současně. [7]

3.2 Ovládací elektronika a způsoby řízení

Elektronika řídící pohyb lokomotiv po kolejišti

Lokomotivy bývají vybaveny hnací jednotkou, malým cca 12 V motorkem na stejnosměrný nebo střídavý proud. Lokomotiva na stejnosměrný proud v sobě nemá vlastní spínač a její pohyb je řízen proudem v kolejích. Směr pohybu stejnosměrné lokomotivy je ovlivňován polaritou elektrického proudu v kolejích. Lokomotiva dvou kolejnicového systému, mývá nejméně dvě vodivá kola, jedno pro + (kladnou polaritu) a druhé pro - (zápornou polaritu), které jsou pomocí vodivých kartáčků propojeny až k motoru. Pohon střídavým proudem používá sběrač proudu umístěnými mezi nápravami kol. Další možností pro řízení je využití pulzně šířkové modulace, kde se dosahuje mnohem lepší simulace jízdy nízkými rychlostmi. V lokomotivě může být elektrický proud využit pro další funkce jako např. rozsvěcení malých led diod zastupujících světlomety atd. [7]

Elektronika pro řízení provozu

Slouží např. k přestavování výhybek s využitím elektromagnetu nebo servomotoru, zvedání a spouštění závor, ovládání světelných nebo mechanických návěstidel, imitace osvětlení atd. Ve většině případů je používán střídavý proud o stálém napětí, kromě případů využití digitálního řízení popsaného níže. Všechny elektrické modely lokomotiv potřebují ke svému pohybu po kolejišti elektrické napětí, které sbírají z kolejí. K řízení pohybu lokomotivy po kolejišti se používají dva základní typy řízení. První typ je tzv. konvenční typ - analogové řízení a druhý je DCC typ - digitální řízení. [7]

Konvenční analogové řízení

Při konvenčním řízení je celé kolejiště rozděleno na jednotlivé od sebe elektricky izolované kolejové úseky. V každém úseku může být pouze jedna lokomotiva, nebo jedna souprava lokomotiv. Po připojení stejnosměrného napětí k úseku se uvede lokomotiva do pohybu. Směr pohybu je určen polaritou stejnosměrného napětí a rychlost pohybu je určena velikostí stejnosměrného napětí, které je přivedeno do lokomotivy. Výhodou tohoto způsobu řízení je jednoduchost ovládací elektroniky modelu a nízké náklady na stavbu při menších rozměrech kolejiště. Další výhodou je, že v lokomotivě není potřeba žádná další elektronika. Hlavní nevýhodou analogového řízení je to, že nelze ovládat nezávisle na sobě dvě a více lokomotiv v jednom kolejovém úseku. V případě rozsáhlých modelů je další nevýhodou velká složitost zapojení ovládací elektroniky oproti DCC standardu. [7]

Digitální řízení

S příchodem miniaturních elektronických součástek a jednočipových procesorů za minimální cenu se do řízení modelové železnice začala prosazovat digitalizace. Digitální systémy řízení oproti dříve používaným systémům řízení dávají možnost ovládat odděleně více lokomotiv a zařízení na jedné elektricky propojené trati, kterou není nezbytně nutné rozdělit kolejiště na jednotlivé od sebe elektricky izolované úseky. Systém je tvořen jednou řídící stanicí, která vysílá povely pomocí modulovaného signálu v kolejích, tam je zároveň vedeno napájecí napětí. Centrální jednotka přijímá povely od ručních ovladačů a případně i od jiných vstupních zařízení například PC. V síti má každé zařízení svou adresu, na kterou řídící stanice posílá příkazy. Všechna zařízení v síti musí být vybavena dekodérem, který rozkládá modulovaný signál z kolejí na adresu a příkazy. Nejrozšířenějším standardem pro ovládání modelové železnice je DCC/NMRA. [7]

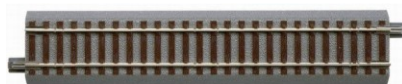
4. Popis komponent realizovaného železničního modelu

Aby bylo docíleno realistické podoby, model obsahuje vlakové koleje od firmy ROCO a mnoho dalších komponent. Některé se podílejí na řízení provozu jakou jsou výhybky a návěstidla. Jiné pouze zkrášlují celý model, například osvětlení tunelu, nástupiště a zabezpečení železničních přejezdů. V neposlední řadě moduly podporující DCC řízení zvolené tak, aby bylo docíleno automatického provozu.

4.1 Mechanická část modelu

Kolejivo

Pro stavbu kolejového plánu bylo vybráno modelové kolejivo Roco Geoline s podložím velikosti H0, z důvodu vhodnosti pro použití DCC řízení. Kolejivo se skládá z umělohmotných výlisek prachů a z kovových kolejnic vložených do plastového profilu podloží. Umělohmotný výlisek prachů tvoří buď rovné úseky o délkách 76,5; 100; 185 a 200 mm, nebo oblouková kolej o délce 502,7 mm a úhlu 22,5°; R2 o poloměru 358 mm a úhlu 30°; R3 o poloměru 434,5 mm a úhlu 30°. Profil kovové kolejnice je stejný jako profil skutečné železné kolejnice v poměru 1:87, šířkou rozchodu 16,5 mm a šířkou podloží 38 mm.



Obr. 7: Rovná kolej. [8]

Výhybky

Každá výhybka musí obsahovat přestavník, existují mechanické nebo elektromechanické. Elektromechanické jsou ovládány elektromagnety nebo pomocí elektromotorku. Přestavníky ovládané elektromotorkem jsou dražší, jejich výhodou je doba přestavení výhybky shodná jako na reálné železnici, spolehlivost, nepřehřívají se a neodebírají velký proud jako elektromagnety, u kterých se vyskytuje vysoká hodnota špičkového proudu. Jelikož bylo vybráno pro stavbu modelu modelové kolejivo Roco Geoline s podložím typu H0, byly vybrány výhybky určené pro tento typ. A to v různých variantách kvůli větší rozmanitosti modelu:

1. Výhybka levá/pravá - přímá s úhlem odbočení 22,5° délkou přímé koleje 200 mm a poloměr odbočky 502,7 mm.
2. Výhybka trojitá - symetrická s úhlem odbočení 22,5° a délkou přímé koleje 200 mm.
3. Výhybka dvojitá - křížová úhlem odbočení 22,5° a délkou koleje 200 mm.

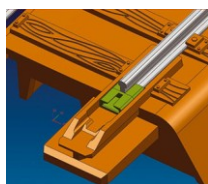


Obr. 8: Typy výhybek. [8]

Tento typ výhybek je možné přestavit manuálně, nebo pomocí univerzálního elektromagnetického přestavníku.

Izolační spojka

Nejsou třeba žádné spínací koleje, odizolováním jedné kolejnice pomocí izolační spojky v hlídaném kolejovém úseku a propojením s jedním z osmi vstupů hlásiče obsazení koleje LDT GBM-8 docílíme vytvoření oddílů a tím komfortního řešení zpětného hlášení pozice vlaku.



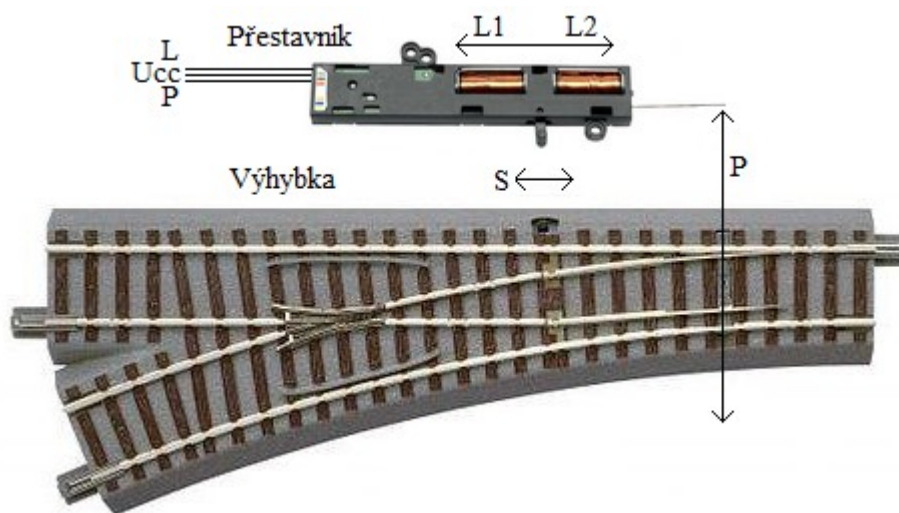
Obr. 9: Izolační spojka. [8]

4.2 Řídící elektronika

Přestavník výhybek

K přestavování výhybek byl vybrán univerzální elektromagnetický přestavník pro výhybky Roco Geoline, skrytý pod podloží výhybek a umožňuje velmi jednoduchou montáž pomocí konektoru připojeným do dekodéru výhybek Kuehn WD10. Touto kombinací je možné docílit rychlého přestavení výhybky i s možností nastavení zpoždění pro přestavení

Hlavní funkcí přestavníku je změna polohy výhybky a to je možné manuálně pomocí posuvného spínače S, který uvede do pohybu přepínací koleje znázorněným posunem P. V případě elektricky řízeného vstupního signálu je nutné propojení přestavníku s dekodérem určeným pro spínání výhybek a zapojením do konektoru většinou tří vodičově. Dva vodiče pro každý směr průjezdu L (levý) a P (pravý), jeden vodič je pro napájení cívek L1 a L2. Vždy pouze jedna cívka po sepnutí určí předem daný směr pro projetí výhybky. Každý výstup dekodéru má nastavenou adresu a tím i přestavník k němu připojený, to umožňuje řízení jednotlivých výhybek na dálku pomocí DCC řízení.

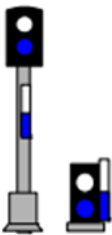

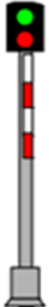
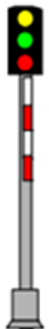



Obr. 10: Elektromagnetický přestavník a výhybka

Návěstidla

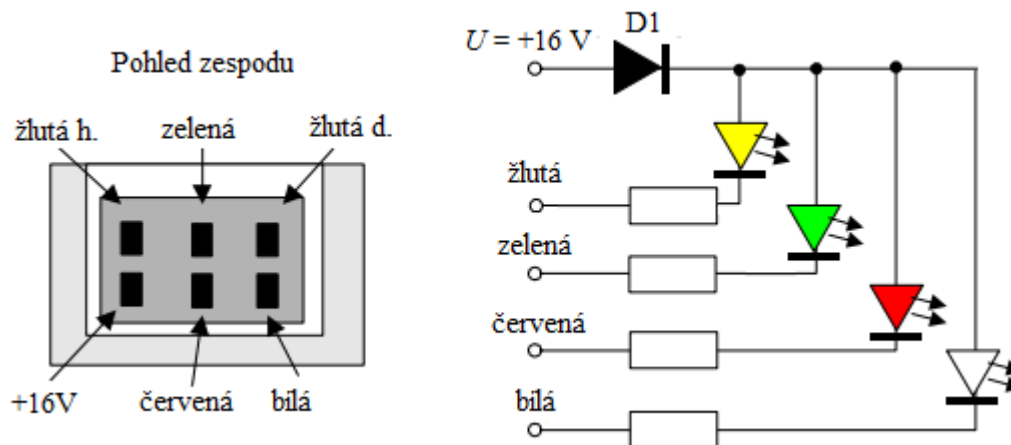
Navrhl a vyrobil jsem DPS vybraných návěstidel typu AŽD/H0. Pro snazší instalaci jsou návěstidla odnímatelná pomocí konektoru. Na následujícím obrázku jsou využité typy návěstidel pro navržený dopravní model.

Tab. 3: Zvolené typy návěstidel. [4]

Návěstidlo	Název	Určení	Popis
	Seřadovací návěstidlo	Návěstidlo seřadovací, platné pouze pro posun.	Určené pro řízení posunu
	2 - Světelná předvěst	Návěstidlo hlavní, platné pouze pro jízdu.	Umisťuje se před vjezdovým návěstidlem na širé trati
	2 - Světelné odjezdové	Návěstidlo hlavní, platné pouze pro jízdu.	Umisťuje se ve stanici.
	3 - Světlené vjezdové	Návěstidlo hlavní, platné pro jízdu vlaku.	Umisťuje se na lokálních a hlavních tratích.
	4 - Světelné odjezdové	Návěstidlo hlavní, platné pro jízdu vlaku a posun.	Umisťuje se na lokálních, hlavních tratích a stanicích.

Připojení návěstidel:

1. Základní varianta - připojení pomocí 6, 4 nebo 3 pinových konektorů v závislosti na počtu využitých návěstí. Na jednotlivé piny jsou přivedeny ochranné odpory přímo na LED diody jednotlivých barev. Návěst je možné napájet 12 V DC nebo 16 V AC napětím. V zapojení se společnou anodou se aktivuje výstup (adresa) dekodéru a LED dioda je následně přes rezistor přivedena na zem a to umožní její rozsvícení.

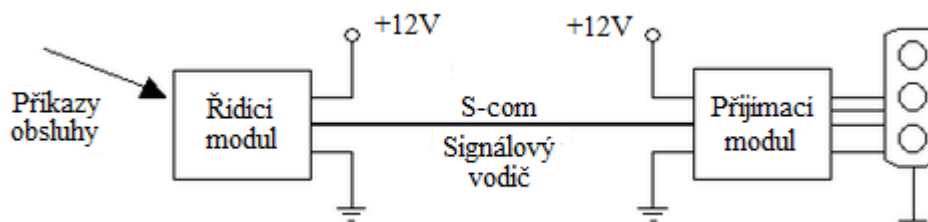


Obr. 11: Schéma zapojení 6.pin konektoru.

2. Připojení Scom - tato komunikace vznikla za účelem zjednodušení ovládání návěstidel na modelových kolejištích. Libovolný typ návěstí se připojuje pomocí 3.pin konektoru a obsahuje signály s návěstními kódy ČSD/ČD. Kódy posílá pomocí signálových vodičů přijímacím modulům v návěstidlech, které je dekodují a zajišťují zobrazování požadovaných návěstí. [9]

Výhody:

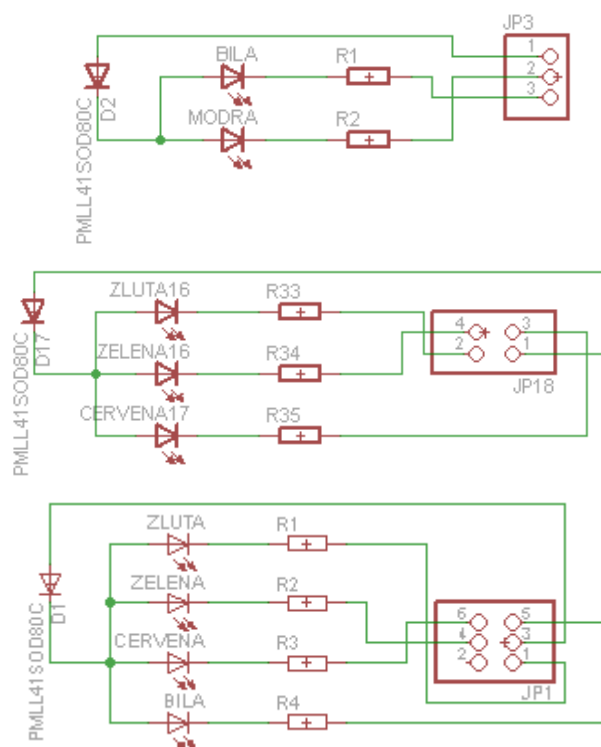
- Jednovodičový přenos dat, unifikovaný pro světelná i mechanická návěstidla a také jejich indikátory v ovládacích pultech
- Jednotný signál pro hlavní návěstidlo i jeho předvěst, pro zjednodušení instalace
- Usnadnění instalace, zjednodušení zapojení
- Jednoduché generování řídicího signálu



Obr. 12: Základní zapojení Scom.

Schéma:

Schéma a desku plošných spojů jsem navrhl v programu Eagle 7.0 Profesional. Návěstidlo obsahuje smd LED diody, předřadné odpory a ochranou diodu. Předpokládaný proud návěstidlem je 20 mA, ale bylo počítáno s dostatečnou rezervou až s 50mA. Hodnoty rezistorů pro žlutou a zelenou barvu jsou 6,8 K Ω a pro červenou a bílou 10 K Ω .

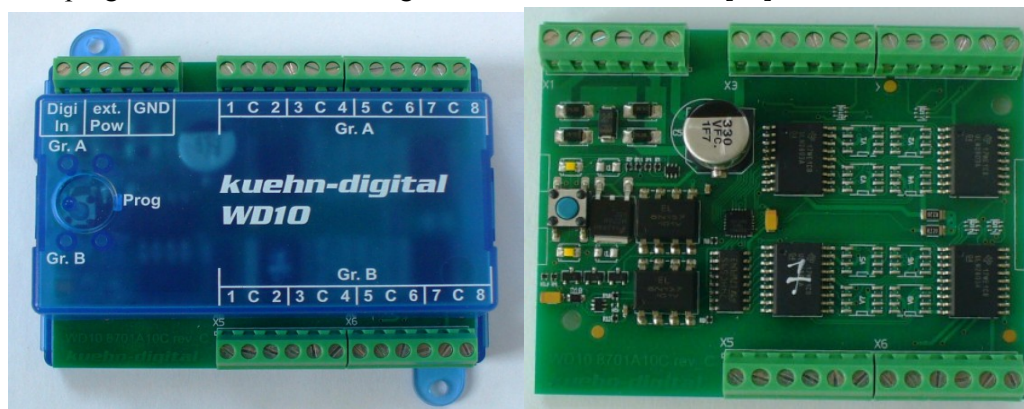


Obr. 13: Schéma zapojení jednotlivých návěstidel.

Výhybkový dekodér Kuehn WD10

Pro ovládání výhybek byl použit výhybkový dekodér Kuehn WD10 formátu DCC. Disponuje automatickou identifikací a výběrem provozních režimů. Dekodér má dvě výstupní skupiny, každou s 8 výstupy, ve skupině max. 1 A. Celkové zatížení dekodéru je 1,8 A. Napájení 12-18 V AD/DC, Rozměry jsou 83x76x24,7 mm.

Dekodér je osazen 16 přepínacími výstupy ve dvou skupinách po osmi výstupech A a B. Každá tato skupina může mít zvolený odlišný typ provozního režimu například výhybky a návěstidla. V režimu výhybek, může spínat až 8 výhybek nebo 16 světel. Délka impulsu z výstupů je individuálně volitelná. Režim signálů (červená / zelená) a světelných signálů umí samozřejmě i pomalu stmívat a další různé světelné efekty, vhodné pro místní osvětlení, reklamní osvětlení, osvětlení budov atd. energii do obvodu dekodéru je možné provést připojením k digitálnímu systému na vstupní svorky Digi. In a ExtPow, nebo externího zdroje připojeného na svorky ExtPow. Adresa dekodéru a volba druhu provozu může být alternativně provedena stisknutím programovacího tlačítka Prog. umístěném na dekodéru. [10]



Obr. 14: Výhybkový dekodér.

Nastavení dekodéru

Standardně je nastaven typ provozu 2 tj. 4 páry kontaktů ke každé skupině spínaných impulsem na 0,64 sekundy. Tento typ provozu je vhodný právě pro elektromagnetické přestavníky, zbyte režimy jsou uvedené v tabulce 5. Pomocí programovacího tlačítka lze nastavit adresy výstupů a typ provozu pro každou skupinu A i B. Během programování LED diody u každé skupiny svítí nebo blikají, podle stavu dekodéru uvedené v tabulce 5. [10]

Provozní režimy spínacího dekodéru

Tab. 4: Adresy provozních režimů uvedené v závorkách.[10]

Provozní režim	Popis
1 (5)	Uživatelský režim: Mohou být provedeny všechna nastavení konfiguračních registrů, například spínací časy, seznamy, úrovně přechodů atd.
2 (6)	4 výstupní páry s impulsním výstupem aktivním na 0,65 s, bez ohledu na dobu signálu nebo stisknutí tlačítka ovladače.
3 (7)	4 výstupní páry s impulsním výstupem aktivním, do doby aktivního vstupu a nebo po celý čas kdy je zmáčknuté tlačítko ovladače.
4 (8)	4 výstupní páry pro nepřetržitý provoz k dispozici pro například. Trvalé osvětlení, trvalé spotřebiče, ztmavení.
5 (9)	Režim osvětlení v závislosti na výstupním signálu, pro billboardy s různými světelnými efekty.
6 (10)	Světlené signály se dvěma signálními rámy - blokování signálu
7 (11)	Světlené signály se čtyřmi signálními rámy - blokování signálu
8 (12)	Maximálně čtyři signální znaky pro návěstidla

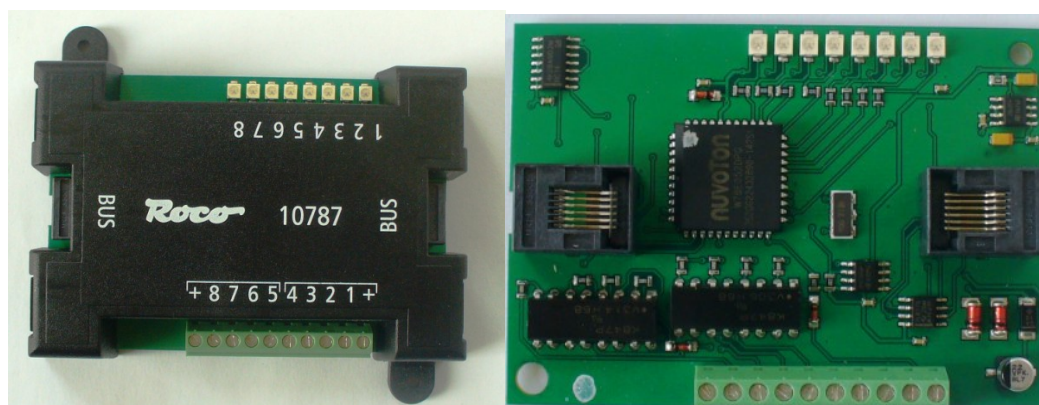
Tabulka stavů dekodéru

Tab. 5: Stavy během programování dekodéru. [10]

Krok	Vstup	LED skupiny A	LED skupiny B
1.	Přepnutí nastavení	Svítí	Svítí
2.	Vstupní adresa skupiny A	Svítí	Nesvítí
3.	Provozní režim skupiny A	Bliká	Nesvítí
4.	Vstupní adresa skupiny B	Nesvítí	Svítí
5.	Provozní režim skupiny B	Nesvítí	Bliká
6.	Reset dekodéru	Bliká	Bliká

Modul zpětného hlášení Roco 10787

Tento zpětnovazební modul představuje základní stavební prvek, k automatickému provozu kolejiště a bezpečnému provozu vlakových souprav. Přednastavená adresa modulu je vždy 1 a v případě využití více modulů je nutné nastavit adresu jednotlivých modulů popsané v kapitole 9.2 Vývojové prostředí Rocomotion. Obsahuje 8 optoelektrických galvanicky oddělených výstupů ve dvou skupinách se šroubovými svorkami, na které lze připojit pérové kontakty, trvalé kontakty nebo detektory obsazení. Dojde-li ke spojení kontaktu, nebo sepnutí snímače rozsvítí se příslušná dioda. Pomocí kabelu s konektorem RJ45 se zpětnovazební modul připojí na rozhraní řídicího systému. Tímto kabelem se modul rovněž napájí napětím 12 V. Maximální odběr je 40 mA při signalizaci všech 8 led diod. Rozměry jsou 90x65x25 mm. [11]



Obr. 15: Zpětnovazební modul.

Napěťový snímač obsazení kolejí GBM-8

Snímače jsou jedním z nejdůležitějších prvků zpětné vazby modelu železnice. Poskytují totiž informaci o tom, který úsek kolejiště je a není obsazen. Každý sledovaný úsek kolejiště má svoji vnitřní kolej elektricky izolovanou od sousedního úseku. Každá tato vnitřní kolej je extra napájena z hlásiče obsazení kolejí GBM - 8, jako rozšíření spojením s modulem zpětného hlášení Roco 10787. Hlídaný kolejový úsek napájí digitálním proudem. Pokud např. lokomotiva vjede do hlídaného úseku, uzavře se přes motor elektrický obvod tvořený motorem lokomotivy, kolejemi a snímačem obsazení kolejí, poté hlásí GBM-8 stav obsazení na modul zpětného hlášení. Hlasič obsazení koleje GBM-8 rozpoznává proudy od 0,001 A. Maximální digitální proud na výstup může činit 3 A na výstup (špičkový proud až 7 A). Nevyžaduje žádné dodatečné napájení a tím se minimalizují náklady na kabeláž. [12]



Obr. 16: Snímač obsazení kolejí.

Modul vratné smyčky

Modul je určen pro přepínání polarity DCC signálu pro výjezd točny nebo pro zapojení vratné smyčky. Spínané kolejové obvody musí být oboustranně oddělené, je nutné dodržet minimální délku spínaného úseku, delší než nejdelší vlaková souprava používaná na kolejišti. Modul hlídá zkrat na výstupu, pokud se objeví zkrat (výstupní napětí větší, než 3,2A), modul odepne výstup a za 25 ms je připnut zpět s opačnou polaritou. Pokud zkrat zmizí, je reverzováno a lokomotiva může jet dál. Tento čas 25 ms nijak neovlivní jízdu lokomotivy, ani případný zvukový dekodér. Když zkrat po přepnutí trvá, modul odepne výstup a rozsvítí se červená LED dioda, signalizující zkrat. Vstupní s výstupní signál je kompatibilní s DCC/NMRA standardem. [13]



Obr. 17: DCC reverz.

Digitální centrála Roco multiZENTRALEpro 10830

Je to řídicí jednotka, která zpracovává veškeré příkazy z ovladače multiMAUS. Dodává energii do kolejí, přepíná výhybky, řídí ostatní komponenty s posílá data dekodérům lokomotiv. Obsahuje 3 konektory RocoNET pro připojení dalších ovladačů, kterým jsou automaticky přiřazeny jednotlivé adresy. Dále konektor BOOSTER pro připojení digitálního zesilovače Roco (pro posílení výstupu). Konektor FEEDBACK, který slouží pro připojení digitálních modulů zpětného hlášení. Výstup TRACK na připojení a napájení kolejiště, pomocí konektoru PROG připojeného na kompletně odizolovanou kolej lze načítat a měnit data dekodéru lokomotivy. Konektor USB umožňuje řízení a ovládání kolejiště pomocí PC s využitím softwaru a nebo aktualizovat firmware ovladače a centrály. Napájení je dimenzováno univerzálně. Lze připojit síťové zdroje a transformátory se vstupními hodnotami pro stejnosměrné napětí $U = 18-24$ [V] nebo střídavé $U = 16-18$ [V]. Všechny hodnoty, které nastavují lokomotivní dekodéry a tím ovlivňují i chování lokomotiv samotných, jsou uloženy v konfiguračních proměnných tzv. CV. Jelikož systém je kompatibilní s normou NMRA/DCC, lze číst a přepisovat hodnoty CV v rozmezí 1 až 1023 a každá hodnota CV může mít hodnotu od 0 do 255.

Světelná signalizace prostřednictvím kontrolních LED diod, které umožňují pouhým pohledem rychlý přehled důležitých funkcí ROCO - digitálního systému. Pokud svítí zelená dioda vlevo je navázán bezdrátový kontakt s multiMAUS. Budete-li na programovací koleji programovat lokomotivu, centrála se automaticky přepojí na režim programování a bude svítit žlutá LED. Po stisknutí tlačítka STOP na ovladači nebo po vypnutí ovladače bude žlutá dioda blikat. Červená dioda charakterizuje chybový stav. Při přetížení a zkratu bliká rychle. Na základě trvalého přetížení se zesilovač odpojí, LED svítí trvale. Pokud je zesilovač zapnut, bliká zelená dioda vpravo krátce. Při zvýšeném zatížení bliká déle. [14]



Obr. 18: Digitální stanice.

Vlastnosti:

- Řízení až 16 lokomotiv současně v adresách 1 až 9999.
- 1024 ks příslušenství.
- 31 zařízení na sběrnici XpressNet (Lokomatus, Simplemaus, Minimaus, XbusTCO).
- Programování a čtení CV z DCC dekodérů v přímých, stránkových registrech.
- Podporuje 14, 28 a 128 rychlostních stupňů lokomotiv.
- Podporuje FL (světla lokomotivy) a funkce F1 až F12 pro každý pohyb.
- Zpětná vazba s moduly S88. 16 modulů s 8 vstupy tj. 128 vstupů zpětné vazby.
- Dává 2,9A do dráhy s výběrem voltáže mezi 13V až 22V.
- Samozřejmostí je ochrana proti zkratu. [14]

Digitální ovladač multiMAUSpro

Umožňuje komunikaci s centrálou multiZETRALE, s možností dvojité trakce, díky níž můžeme řídit dvě lokomotivy jednoho vlaku. Lze pomocí ovladače nastavit vlakové cesty, např. hromadně přestavit několik výhybek na určené cestě. Ovladač má velký osvětlený displej, je vícejazyčný, jednoduše ovladatelný ohledně směru a rychlosti jízdy přes otočný regulátor, je kompatibilní s jinými DCC/NMRA zařízeními a je rozšiřitelný až na 31 vstupních zařízení. Umožňuje správu 9 999 adres lokomotiv, řízení lokomotiv s různými jízdními stupni, individuálně nastavitelné pro každou lokomotivu. Řízení světel a 20 přidavných funkcí u lokomotiv a řízení až 1024 výhybkových adres. Z bezpečnostního důvodu dokáže celý systém nouzově zastavit a úplně vypnout celou soupravu. Obsahuje také dětskou pojistku pro funkce, které dětem mohou způsobit problémy, např. programování. [15]



Obr. 19: Digitální ovladač.

Základní ovládání nám umožňuje hlavně řídit rychlost vlaku pomocí otočného regulátoru s možností obousměrného provozu. V následující tabulce jsou popsány tlačítka pro využití základních funkcí ovladače. [15]

Tab. 6: Základní funkční tlačítka ovladače.

Klávesy	Funkce
	Přepnutí mezi režimem lokomotivy a výhybky
	Nouzové zastavení, odpojení napětí
	Listování knihovnou lokomotiv, nastavení výhybek
	Listování výhybkových čísel

5. Analýza a návrh komunikačního řídicího systému

5.1 Základní popis řízení a komunikace DCC standardu

Zkratkou DCC (Digital Command Control) je označován v dnešní době nejrozšířenější systém pro řízení kolejíště. Rozšíření systému je podporováno především tím, že byl přijat za standard pro digitální řízení modelů železnic asociací NMRA (USA). Největším výrobcem DCC je firma LENZ, kdy NMRA pro standard použila řešení vyvinuté právě p. Lenzem.

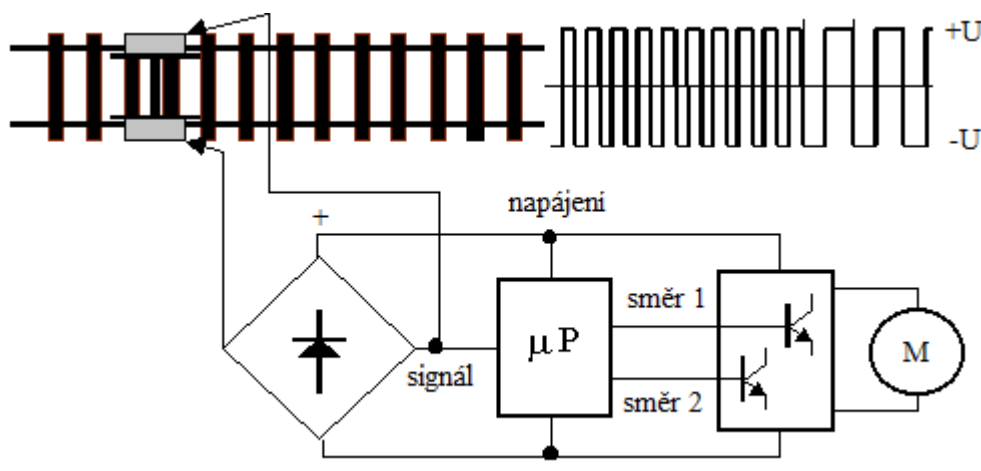
Signály z řídicí jednotky jsou zasílány všem přijímajícím zařízením současně. Aby zařízení reagovalo pouze na signály, které jsou mu určeny, má přidělenou tzv. adresu, každé zařízení má jinou. Protože při provozu na kolejích dochází k rušení, řídicí jednotka periodicky opakuje všem zařízením všechny aktuálně platné povely tak, aby je zařízení v případě špatného příjmu mohla přijmout co nejdříve. [16]

Napájení kolejí

DCC je založeno na topologii jedné řídicí stanice a více dekodérů. Řídicí stanice vysílá kódovaný signál, který je ve výkonových zesilovačích transformován na obdélníkové střídavé napětí pro napájení kolejí. Všechny koleje v kolejišti jsou trvale napájeny a pro jednoduchý provoz není nutné vytvářet izolované úseky. Výkonových zesilovačů může být v rozsáhlých kolejištích více, ale všechny jsou řízeny jedním společným signálem z jedné řídicí stanice. Ve všech kolejích je proto v daný okamžik stejný kódovaný signál. Signál v kolejích má amplitudu 10-16V, která je závislá na modelové velikosti. [16]

Dekodéry

V tomto systému se využívají tzv. lokodekodéry, samostatné bloky elektroniky zabudované v lokomotivě. Základní částí dekodéru je usměrňovač, mikroprocesor a výkonové ovládání motorku. Chod motorku je ovládán z mikroprocesoru, nezávisle na velikosti usměrněného napětí. Mikroprocesor je řízen příkazy zakódovanými v napájecím signálu z kolejí. Zakódované příkazy jsou adresovány vždy jen jednomu dekodéru, ostatní dekodéry na daný příkaz nereagují. Mimo vlastní motor lokomotivy dekodér může ovládat i přídavné spínače (tranzistory) - spínání světel, spřáhel atd. [16]

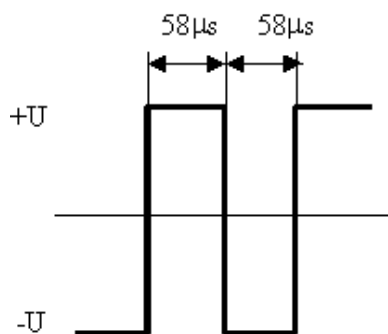


Obr. 20: Blokové schéma dekodéru lokomotivy.

Kódování signálu

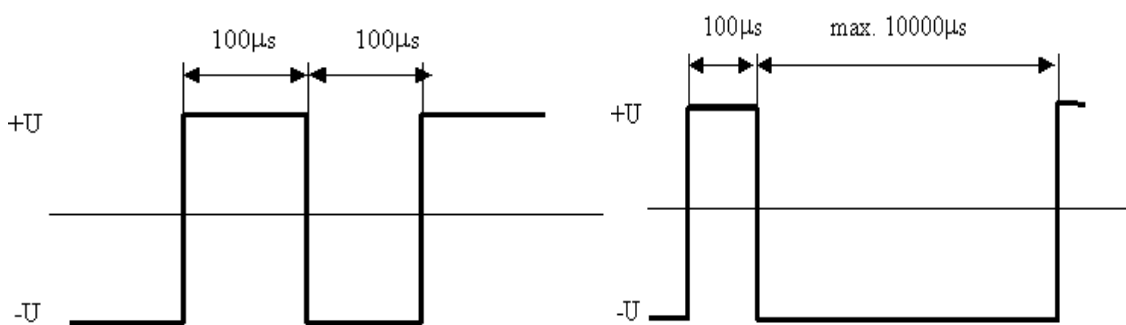
Na proměnnou periodu střídavého signálu jsou přivedena binární data (log 0 a 1). Použití střídavého signálu je výhodné, protože perioda může být jednoduše detekována jako časový interval mezi průchody napětí DCC signálu bodem 0V. Doporučená minimální strmost hran napájecího signálu je $2.5\text{V}/\mu\text{s}$.

Logická úroveň 1 (H) je kódována jako jedna perioda signálu s časovým trváním $116\mu\text{s}$. Trvání jedné a druhé polarity signálu je nominálně $58\mu\text{s}$. Pro vysílací stanice je povolena tolerance časování $55\text{--}61\mu\text{s}$, dekodéry (přijímače) musí považovat za platný bit interval $52\text{--}64\mu\text{s}$. V této toleranci je ovšem zahrnut i pokles strmosti hran signálu vlivem indukčností a zátěže všech dekodérů připojených k DCC signálu a vzniklé zákmity. Řídící stanice proto musí časovat vysílání s co nejvyšší přesností. [16]



Obr. 21: DDC signál log. 1.

Logická úroveň 0 (L) je kódována obdobně, ovšem pro specifikaci jsou vyhrazeny jiné časové intervaly. Délka obou polarit signálu musí být nominálně $100\mu\text{s}$. Pro vysílací stanice je vymezena tolerance délky jedné nebo druhé polarity $95\text{--}9900\mu\text{s}$, celá perioda (obě polarity) nesmí přesáhnout $12000\mu\text{s}$. Dekodéry (přijímače) musí za platný bit vyhodnotit signál, jehož obě polarity jsou v intervalu $90\text{--}10000\mu\text{s}$. Zatímco u bitu 1 je střída obou polarit specifikována přibližně 1:1 u bitu log. 0 může střída nabývat hodnot mezi 100:1 až 1:100, viz obr. 22. [16]



Obr. 22: DDC signál log. 0.

Definice paketů

Pro přenos příkazů je však potřeba i definice paketů, jakým způsobem se z jednotlivých bitů bude skládat příkaz. DCC zavádí formát paketu skládajícího se z částí: [16]

Záhlaví (preamble)

Nejméně 10 bitů log. 1. Slouží pro určení začátku celého paketu.

Start bit (log. 0)

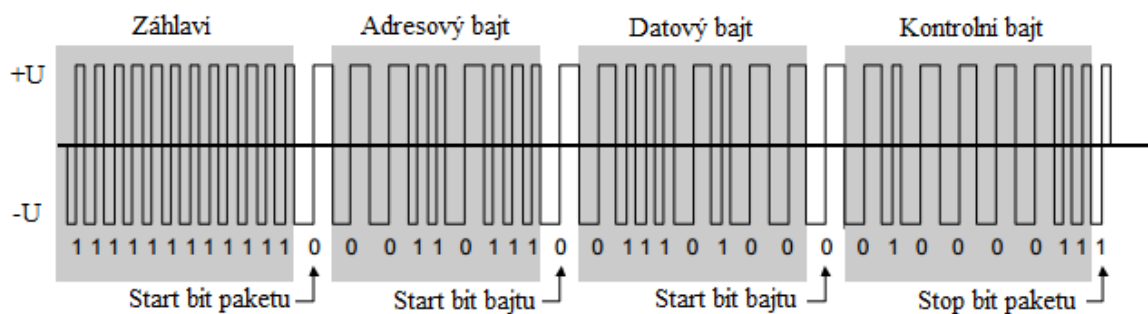
Po ukončení záhlaví nebo mezi jednotlivými bajty je vkládán bit. log 0. Tím je zaručeno že mimo záhlaví se nikde v bitovém toku nevyskytne více než 9 po sobě následujících bitů log.1. Záhlaví (10 bitů log 1) je proto nezaměnitelné s datovými bity.

Datový bajt

8 bitů, nevyšší bit je přenášen první. Význam bajtu určuje konkrétní definice příkazu a vyhodnocuje se až po příjmu paketu, pro příjem paketu je nevýznamný.

Stop bit (log 1)

Následuje za posledním datovým bajtem, a indikuje ukončení přenosu paketu. Dekodér po příjmu každého bajtu detekuje následující bit, pokud je log.0 (start bit), následuje přenos dalšího bajtu. Log 1. indikuje stop bit a ukončení celého paketu. [16]



Obr. 23: DDC paket.

Přenosová rychlost

Z měření vychází doba přenosu celého paketu typicky 5 ms, propustnost komunikace je okolo 180 zpráv za sekundu. Skutečná hodnota je závislá na délce kódovaných bitů log.0. Pokud je v kolejišti ovládána analogová lokomotiva, rychlost komunikace několikrát poklesne , protože kódování bitu log. 0 je prodlouženo. Motor napájený tímto signálem se bude otáčet směrem a rychlostí, která odpovídá střední hodnotě napětí signálu

Základní příkazy

Standard DCC předepisuje i formát několika základních příkazů, aby byla zajištěna kompatibilita různých výrobců alespoň na nejnižší úrovni. Obecně je určen význam těchto bajtů v paketu:

Adresový bajt

První přenášený bajt, definuje adresu nebo její část dekodéru, kterému je určen paket. Adresa 0 je používána pro společné pakety, kterou přijímají všechny moduly.

Kontrolní bajt

Poslední bajt slouží pro ověření správnosti přenosu . Při pohybu lokomotivy může být vlivem oxidace, nebo ztráty kontaktu s kolejnicí paket poškozen. Kontrolní bajt je vypočítán jako výsledek logické operace XOR všech adresových a datových bajtů. [16]

Aby byla dodržena co největší kompatibilita, jsou standardizovány pakety pro základní ovládání lokodekodéru (jízdy), paket nulování (RESET), a neaktivní paket (IDLE).

Paket ovládání jízdy lokodekodéru

Paket slouží pro základní ovládání jízdy a směru lokomotivy. [16]

Tab. 7: Paket jízdy.

Záhlaví	Adresový bajt	Datový bajt	Kontrolní bajt
..1111111111	0aaaaaaa	01DUSSSS	XOR

- Adresový bajt - adresa lokodekodéru kterému je určen příkaz. rozsah adres dekodéru je omezen na hodnoty 1 až 127.
- Datový bajt - význam jednotlivých bitů určuje parametry jízdy.
D = směr jízdy.
U = základní příkaz význam nedefinuje (typicky ovládá přídavnou funkci).
SSS = nastavení rychlosti jízdy. Je definováno 16 stupňů. 0,2...15 indikuje rychlostní stupeň, hodnota 1 je vyhrazena pro nouzové zastavení.
- Kontrolní bajt - výsledek logické operace XOR adresového a datového bajtu.

Nulovací paket (RESET)

Paket slouží pro nulování dekodéru a nastavení do počátečního stavu. Typicky se vysílá po zapnutí napájení, zahájení provozu kolejíště atd. [16]

Tab. 8: Paket resetu.

Záhlaví	Adresový bajt	Datový bajt	Kontrolní bajt
..1111111111	00000000	00000000	00000000

- Adresový bajt - je vždy 0. Příkaz je platný pro všechny přijímače, všechny dekodéry se nastaví do počátečního stavu.
- Datový bajt - je vždy 0.
- Kontrolní bajt - výsledek logické operace XOR adresového a datového bajtu, tj. 0.

Neaktivní paket (IDLE)

Paket nepřenáší žádné informace. Typicky se vysílá po zapnutí napájení a nulovacího paketu, indikuje zahájení provozu. Rovněž slouží pro prázdné vysílání tzv. komunikační refresh.

Tab. 9: Neaktivní paket.

Záhlaví	Adresový bajt	Datový bajt	Kontrolní bajt
..1111111111	11111111	00000000	11111111

- Adresový bajt - je vždy 255. Příkaz je platný pro všechny přijímače. Dekodéry se připraví na provoz, příkaz nevykonává žádnou činnost.
- Datový bajt - je vždy 0.
- Kontrolní bajt - výsledek logické operace XOR adresového a datového bajtu, tj. 255.

Tímto je dokončen popis části, které jsou závazně definovány standard DCC (normy S -9.1, S - 9.2). Další normy (RP 9.x.x) slouží jako doporučené praktiky rozšiřující definici příkazů na ovládání dalších funkcí, formát adres a jiné náležitosti pro budoucí rozšiřování standardu. [16]

Paket ovládání příslušenství

Uvádí pouze doporučený formát paketů pro ovládání spínacích dekodérů příslušenství. [16]

Tab. 10: Paket příslušenství.

Záhlaví	Adresový bajt	Datový bajt	Kontrolní bajt
..111111111	10AAAAAA	IaaaCDDD	XOR

- Adresový bajt - bity 5..0 přenáší LSB bity adresy. Adresa dekodéru příslušenství je 9 bitová, zbývající bity jsou obsaženy v datovém bajtu.
- Datový bajt - aaa = vyšší (MSB) bity adresy dekodéru, bity jsou invertovány
DDD = adresace spínače příslušenství, který je nastavován.
C = stav spínače (0 = rozpojen, 1 = sepnut).
- Kontrolní bajt - výsledek logické operace XOR adresového a datového bajtu.

Rozdělení adresového prostoru

První bajt paketu (adresový bajt) při provozu slouží pro základní adresaci. Může nabývat hodnoty 0 až 255. Standard DCC tento prostor rozděluje na několik částí, které jsou vyhrazeny pro konkrétní zařízení a účely. [16]

Tab. 11: Rozdělení adresového prostoru.

Adresa	Význam
00000000 (0)	společná adresa, vysílání tzv. broadcast messages
00000001- 01111111 (1 - 127)	lokodekodéry (multifunkční dekodéry)
10000000- 10111111 (128 - 191)	dekodéry příslušenství s 9 bitovou adresou
11000000- 11100111 (192 - 231)	lokodekodéry s 14 bitovou adresou
11101000- 11111110 (232 - 254)	vyhrazeno pro budoucí rozšíření
11111111 (255)	IDLE paket

Konfigurace dekodérů

Návrh norem DCC předpokládá použití nonvolatilních (napěťově nezávislých) pamětí (EEPROM, FLASH) pro uchovávání uživatelského nastavení a jejich modifikaci. Nejdůležitějším parametrem je adresa, která je v popisu vícekrát zmíněna. Možnosti uživatelské konfigurace nejsou omezeny pochopitelně jen na adresu, standardně se nabízí možnost definice akcelerace a brzdění lokomotiv, konfigurace přídatných funkcí a další nastavení. [16]

Detekce kolejových obvodů

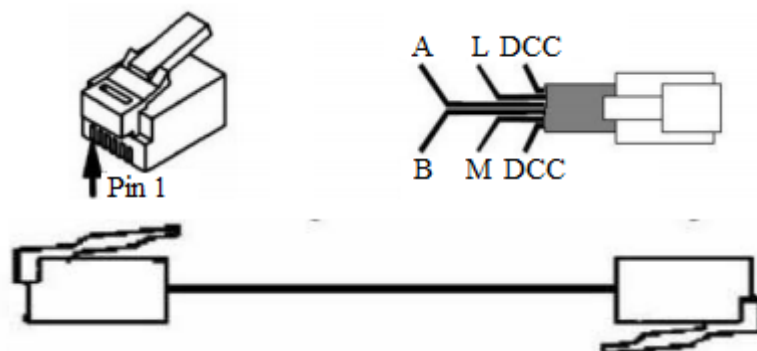
Standard DCC vůbec nezmiňuje o způsobu přenosu informace z kolejiště do řídicí stanice tj. snímání stavů kolejových kontaktů, optodetektorů a dalších prvků. Tímto vzniká vzájemná nekompatibilita řídicích systémů mezi sebou, ačkoliv využívají principu DCC. Kompatibilita je zajištěna na úrovni dekodérů do lokomotiv a pro příslušenství, což modelářské veřejnosti přináší výhodu kombinace produktů více výrobců mezi sebou. Při koupi řídicí stanice (např. LENZ), lze do lokomotiv zabudovat libovolný dekodér splňující normy DCC. Pro snímání kolejových kontaktů však musíte používat jen moduly od dané firmy, v tomto případě LENZ. [16]

5.2 Komunikační sběrnice XpressNet (X - bus)

Je to sběrnice vyvinutá firmou Lenz Elektronik, navrhnutá k propojení řídicích zařízení. Systém je tvořen centrální řídicí jednotkou, ke které je možné připojit až 31 zařízení. Všechny zařízení v síti mají svou adresu, kterou využívá řídicí stanice pro adresaci modulů. Řídicí jednotka přes výkonový zesilovač předává signál ve formátu DCC do kolejí, nebo přijímá příkazy na které odpovídá. Přenos probíhá přes 6 vodičů až do vzdálenosti 1 km v poloduplexním režimu (střídavě obousměrné komunikace). Aby nedocházelo ke kolizím v síti, řídicí jednotka vysílá v určených intervalech jednotlivým zařízením tzv. okna, ve kterých mohou jednotlivá zařízení komunikovat s řídicí jednotkou. Pro zvýšení kvality přenosu je vhodné použití krouceného páru vodičů a na koncích větví s použitím ukončovacího odporu 120Ω . Sběrnice je založena na standardu EIA RS-485. [17]

Zapojení kabelu a jeho standard

Z následujícího obrázku je zřejmé že sběrnice XpressNet využívá pro komunikaci 4 vodiče ukončené konektorem RJ 11.



Obr. 24: Zapojení kabelu XpressNet.

Standard sběrnice XpressNet:

- PIN 1 – DCC signál (ROCO „MASTER“)
- PIN 2 – M GND napájení (mínus)
- PIN 3 – B - RS 485
- PIN 4 – A + RS 485
- PIN 5 – L +12V napájení (plus)
- PIN 6 – DCC signál (ROCO „MASTER“)

Datový protokol a definice paketu obsahuje následující bajty:

Vysílaná data jsou ve formátu UART s následujícími parametry, 1 start bit, 9 datových bitů, 1 stop bit, bez parity, baudrate 62 500 bd.

Paket je sled bajtů, bajt tvoří 8 bitů, 9. bit je doplňován na straně hardwaru. Maximální délka paketu je 18 bajtů.

- Call Byte – Vysílá řídicí stanice k sestavení spojení. Obsahuje adresu zařízení, kterému je paket určen a paritní bit Call byte.
- Header Byte – Spodní nibble (4bity) obsahuje počet datových bajtů v paketu. Horní nibble obsahuje identifikaci příkazu.
- Datové byty – 0 až 15 datových bajtů.
- Error Detection Byte – tvořený součinem XOR všech předchozích bajtů i s Header Byte.

[17]

Každé zařízení připojené k síti XpressNet musí začít vysílat do 110 μ s po přijetí a musí být schopno přijmout další okno do 400 μ s od přijetí předchozího okna. Mezi okny musí být zařízení schopno přijímat informace z řídicí jednotky.

Vyjádření adresy lokomotivy

Adresy mohou být v rozsahu 0-9999, kdy 0 je rezervována pro řízení lokomotiv bez DCC řízení (analogové). Adresy jsou rozděleny na dvě skupiny, na krátké (0 až 99) a dlouhé adresy (100 až 9999). Aby nebylo možné zaměnit adresy, jsou krátké adresy vyjadřovány přímo. Dlouhé adresy se vyjadřují s offsetem 0xC000. V XpressNetu jsou na adresu lokomotivy vyhrazeny dva bajty (AH, AL). Krátké adresy mají vždy AH = 0.

Vyjádření rychlosti a směru lokomotivy

V bajtu určujícím rychlost a směr lokomotivy sedmý bit určuje směr (1 = vpřed, 0 = vzad). Bity 0 až 6 určují rychlost podle následující tabulky. [17]

Tab. 12: Bajt určující směr a rychlost lokomotivy.

Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Význam
0	0	0	0	0	0	0	Rychlost 0
0	0	0	0	0	0	1	Nouzové zastavení
0	0	0	0	0	1	0	Rychlost 1
0	0	0	0	0	1	1	Rychlost 2
...
1	1	1	1	1	1	1	Rychlost 127

5.3 Komunikační protokol RocoNet

Spojení mezi digitálními komponenty (multiZENTRALE, Booster, Brzdící generátor atd.), které zabezpečují nejen dostatečnou kapacitu napájení, nýbrž zajišťují také přenos dat mezi jednotlivými zařízeními. Definiuje komunikaci mezi systémem zařízení Roco Digital a PC, je kompatibilní se sběrnici X - bus. [18]

Vlastnosti rozhraní 10785

Rozšiřuje ROCO digitální systém pro plnění funkcí. Zpětná vazba a programování dráhy s možností využití dekodéru a PC k programování a čtení. To také poskytuje na RocoNetu více energie pro vstupní zařízení a zpětnou vazbu. Rozhraní přenáší řídicí příkazy z PC do RocoNetu a naopak. Řídicími povely z PC lze: kontrolovat lokomotivy, nastavovat směr lokomotivy programem, přečtení dekodéru lokomotivy.

Při připojení ovladačů dodržuje komunikační zásady XpressNetu, ale zároveň v rámci možností uživatelských definic provádí několik menších rozšíření. Možnost ovládat více funkcí lokomotivy (F13 -20), připojit slave zařízení, které poskytuje globální data díky zpětné vazbě v souladu s XpressNetem. [18]

V případě požádání obdrží RocoNet od PC následující informace:

- Stav lokomotivy
- Stav spínačů (poslední příkaz výstupu)
- Stav systému (provoz, zkrat atd.)

6. Rozbor možností řízení a softwarových vývojových nástrojů

Tato kapitola je zaměřená na analýzu řídicích stanic umožňujících využití softwaru pro vizualizaci a řízení modelového kolejiště.

Požadavky na model

- Přenositelnost.
- Možnost rozšíření o další periferie.
- Přístupnost a vyvedení všech signálů pro měření.
- Modifikovatelnost
- Malé dopravní zpoždění
- Řízení a vizualizace s využitím PC.

Požadavky na řídicí jednotku

Předními výrobci digitálních centrál jsou společnosti Roco a LENZ, mimo dekodérů nabízí i celé řídicí stanice včetně všech potřebných modulů pro manuální či počítačové ovládání provozu. Dále je možné pořídit různé kopie s podobnými konfiguracemi jako je např. NanoX, disponuje nízkou cenou, ale zdaleka ne tak velkou využitelností jako komerčně vyráběné centrály. Hlavním nedostatkem je nemožnost propojení s PC, které Roco dokonale splňuje a dokonce u nejnovějších centrál dodává software pro vytvoření aplikace strojvůdce, nebo dispečera a tím vytvoření automatického provozu.

Řízení s využitím počítače je jedno z nejmodernějších způsobů ovládání, další důležitou vlastností je typ propojení s počítačem ať už přes sériovou linku nebo bezdrátové spojení, na které je v dnešní době kladen největší důraz na vývoj. Firmy, které se v reálném světě podobnou problematikou zabývají, se snaží docílit samočinně interaktivního ovládání a vzájemné bezdrátové komunikace mezi jednotlivými lokomotivami a předáváním jejich informací na vzdálené kontrolní centrum.

Tab. 13: Možnosti řídicích stanic.

Řídicí stanice	Roco 10830	Roco Z21 10820	NanoX	Lenz LZV 100
Počet řízených lokomotiv [Ks]	16	16	16	16
Rozsah adres lokomotiv	1 až 9999	1 až 9999	1 až 9999	1 až 9999
Počet příslušenství [Ks]	1024	2048	1024	1024
Výstupní napětí [V]	13 až 22	11 až 23	14 až 21	11 až 22
Výstupní proud [A]	2,9	3,2	2,9 (4)	12:00 dop.
Přípojka Xpress net	až 31 zařízení	až 93 zařízení	až 31 zařízení	až 31 zařízení
Podpora DCC	Ano	Ano	Ano	Ano
Zpětná vazba	S 88	R - Bus	S88	S88
Spojení s PC	USB	LAN
Čtení proměnných CV	ano	ano	ne	ano
Cena [Kč]	5800	10800	1600	5400

Požadavky na řídicí program

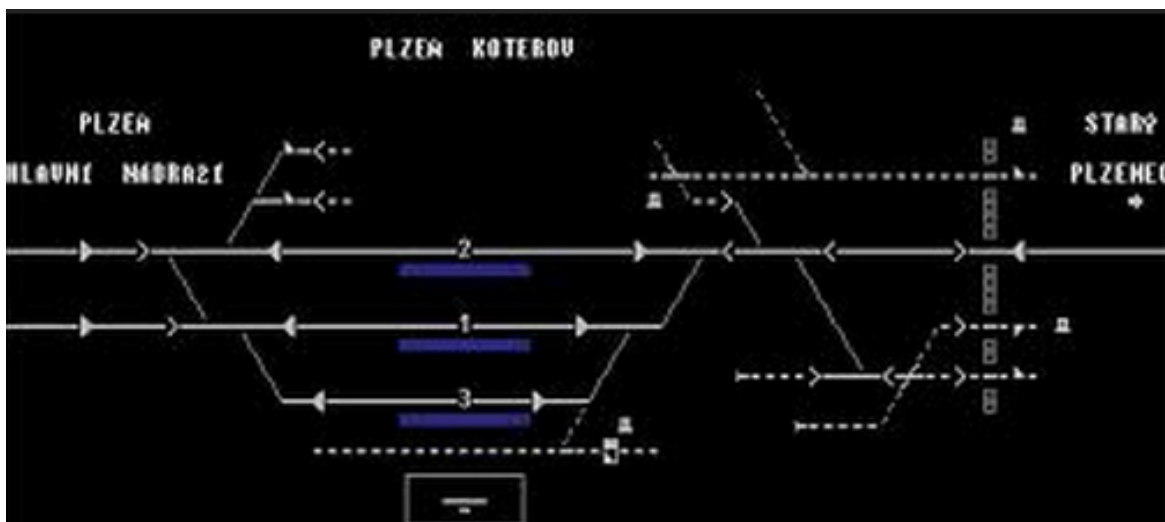
- Kompatibilita s DCC systémem.
- Stanoviště strojvůdce - možnost připojit a ovládat lokomotivu z počítače.
- Ovládání výhybek - možnost adresace a vizualizace s případnou zpětnou kontrolou pozice.
- Tvorba oddílů - k zobrazení pozice vlaků.
- Vizualizace stanoviště výpravčího - vlakové cesty a zobrazení stavů jednotlivých parametrů.
- Řízení a vizualizace návěstidel
- Automatický provoz

Automatika, tedy přejetí vlaku z bodu A do bodu B, musí být něčím řízena a ruční postup by měl vypadat následovně:

1. Nejprve je třeba postavit vlakovou cestu, volnou, tedy alespoň jeden určitý úsek před soupravou musí být volný.
2. Nutno přestavit zahrnuté výhybky.
3. Následně se nastaví požadované návěsti.
4. Vlak je možno dát povel k rozjezdu.
5. Po dobu cesty je třeba dbát na rychlostní situaci.
6. Opakovat body 1 až 5.
7. Na návěst stůj (v průběhu cesty nebo na jejím konci) je nutno plynule zastavit.

V dnešní době je poměrně velký výběr programů a ve větší míře se podobají a nabízejí stejné funkce pro řízení model. Důležitým požadavkem na výběr je kompatibilita se zvolenými řídicími prvky modelu. Zde jsem uvedl pro ukázkou používané programy: Rocomotion, TrainController, CTI, RailroadExpress Obslužné pracoviště JOP (využití v reálu)

Jelikož jsem zvolil řídicí stanici RocoMultiZentrale, ke které je od výrobce dodáván vývojový program Rocomotion, který splňuje definované požadavky na řídicí program, proto jsem se dále nezabýval dalším výběrem nebo vlastním programováním řídicí aplikace. Popis práce a využitelnosti programu je v kapitole 9.2 Vývojové prostředí Rocomotion. S výrazným problémem při realizaci řídicí aplikace jsem se nesetkal, ale několik nových funkcí by určitě zlepšilo zabezpečení a vizualizaci dopravního modelu. Např. větší rozmanitost návěstidel, možnost vytvoření okna pro kamerový obraz, vizualizace dalších komponent jako jsou vozidla, přejezdy, osvětlení atd.

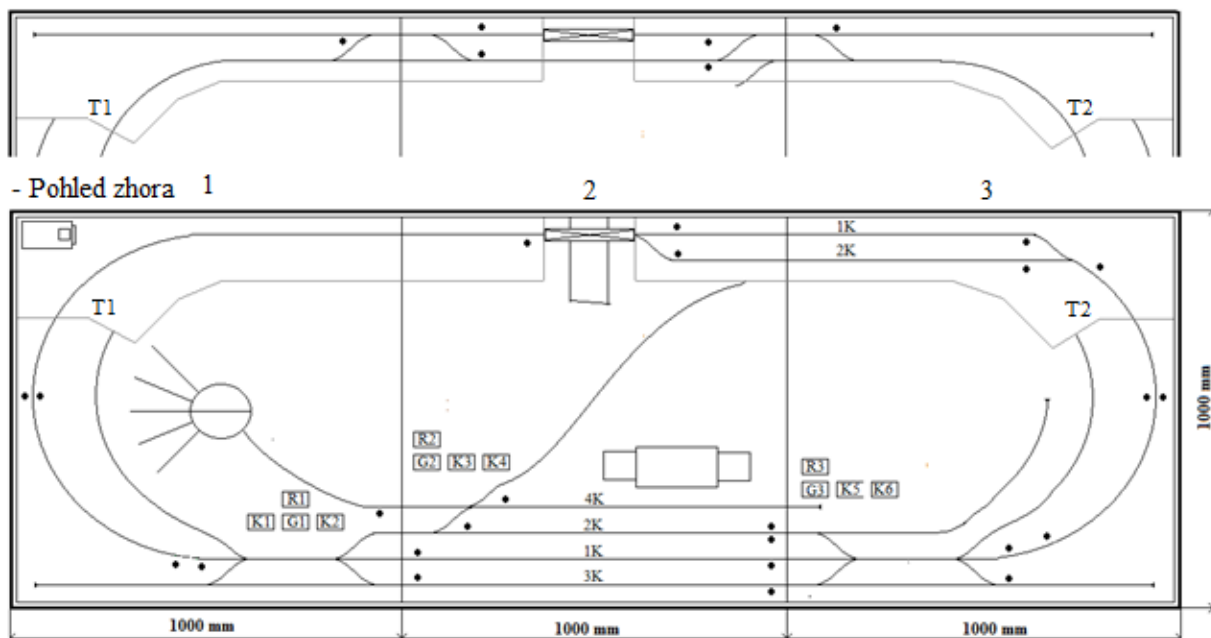


Obr. 25: Ukázka obslužného pracoviště JOP.

7. Návrh dopravního modelu pro verifikaci řízení systému

Model obsahuje dvě stanice, Hlavní nádraží VŠB a stanici Výhybna. Jelikož je využit i tunel, proto je obrázek 26 rozdělen na dvě části a to plán tunelu, a pohled na horní stranu. Model se skládá ze tří oddělitelných modulů označenými čísly 1, 2, 3, aby byla zajištěna snadná přenositelnost. Moduly jsou propojeny pomocí konektorů, vždy je mezi moduly propojena kolej, která nebyla rozdělena izolační spojkou, rozvod napětí a propojka pro zpětnou vazbu systému. Plán kolejiště byl ovlivněn rozměry plochy modelu a podle nich jsem rozvrhl propozici a umístění všech součástí. Při návrhu kolejového plánu jsem musel hodně experimentovat s různými pozicemi a kombinacemi spojení kolejí a výhybek, aby bylo docíleno co největší rozmanitosti modelu a tím umožnění většího počtu jízdních cest. Využil jsem tří typů výhybek v celkovém počtu 22 a jejich seznam je uvedený v příloze č. 2. V propozici modelu je vidět kolejový plán znázorněný černou čarou, umístění všech návěstidel značené černými kolečky a tunely T1 a T2. Řídicí moduly jsou označeny písmeny R1 - 3 (moduly zpětné vazby), G1 - 3 (snímače obsazení), K1, K3, K5 (digitální dekodéry pro výhybky), K2, K4, K6 (digitální dekodéry pro návěstidla a osvětlení). Další prvky jako jsou stavby jsou vyznačené obdélníkovými tvary.

- Plán tunelu



Obr. 26: Základní propozice modelu.

7.1 Zásady zabezpečení jízdy vlaků

Dříve bylo zabezpečení velmi jednoduché, na trať mohl odjíždět vlak pouze z té stanice, kde bylo přítomno tzv. "žezlo". Vlaky se stejným směrem odjížděli na trať v určitém časovém intervalu, ale zde bylo velké riziko dojetí vlaků a vzniku nehod. Se zvyšováním rychlosti vlaků a po těžkých nehodách se začal používat princip prostorových oddílů neboli kolejových úseků, který se používá do současnosti. Tyto prostorové oddíly jsou doplněné o značky, návěstidla a automatické bloky. V případě křížení silnice a kolejí se využívá přejezdové zabezpečovací zařízení s výstražnými návěstidly v aktivním stavu (střídavě blikají) zakazující jízdu. Jsou doplněné o závoru znemožňující jízdu vozidel jedoucích po silnici a tím určení absolutní přednosti vlakových souprav.

Návrh oddílů

Nejdůležitějším předpokladem pro hlídání a automatické řízení vlaků počítačem je vytvoření oddílů a tím vybavení kolejiště zpětnými hlásiči. Tyto hlásiče se používají, aby hlásili zpět na počítač informace o změnách polohy jedoucích vlaků a tím zabránili kolizím vlaků. Existuje těsná souvislost mezi zpětnými hlásiči a oddíly, proto každý oddíl je propojen s jedním nebo několika zpětnými hlásiči. Ke zřízení systému oddílů se kolejiště pomyslně rozdělí na oddíly všude tam, kde mají být lokomotivy nebo vlaky kontrolovány, zastaveny, odstaveny nebo hlídány, se naplánuje oddíl. Rozdělením kolejiště na jednotlivé oddíly podle obrázku 28 a 29. Typické příklady oddílů jsou staniční, odstavené koleje a oddíly na širé trati, které se často označují návěstidly. Ve většině případů obsahují oddíly pouze jednoduchý kolejový úsek ohraničený na obou stranách výhybkou.

Zásady pro zřízení oddílu:

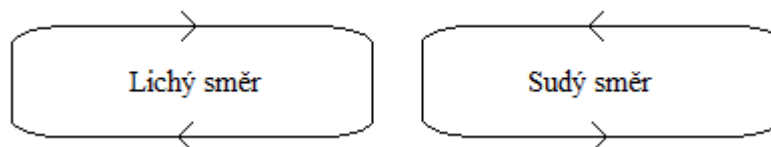
- Mohou být zřízeny pro každou libovolnou část modelu kolejiště.
- Často se ohraničují výhybkami, aniž by výhybky samotné patřily k oddílům.
- Oddíly by měli být dostatečně dlouhé, aby mohly plně pojmout zastavující vlaky.
- Je třeba naplánuvat vlastní oddíl pro úseky před návěstidly, traťové úseky, staniční koleje nebo koleje skrytého nádraží.
- Oddíly jsou pro vlaky rezervovány a každý oddíl může být současně rezervován jen pro maximálně jeden vlak.

Stavy oddílu:

- Volný oddíl - není detekována mžikovými nebo trvalým hlásičem přítomnost vlaku.
- Obsazený oddíl - v případě sepnutí hlásiče pozice vlaku je oddíl považován za obsazený.
- Rezervovaný oddíl - každý oddíl může být rezervován pro průjezd vlaku. Protože oddíl může být rezervován jen maximálně jednou lokomotivou nebo vlakem, zabrání se při správném řízení a rezervaci srážkám vlaků. Tím mohou být pro lokomotivy a vlaky uskutečněny místní procesy řízení např. zastavení před návěstidlem stůj.
- Aktuální oddíl - rezervovaný oddíl může být aktuálním oddílem lokomotivy nebo vlaku. Pomocí aktuálního oddílu se provádějí všechny procesy řízení, které jsou závislé na oddílech. Tím myšleno brzdění, zastavování, omezení rychlosti, zatačování před návěstidly.

Směr jízdy

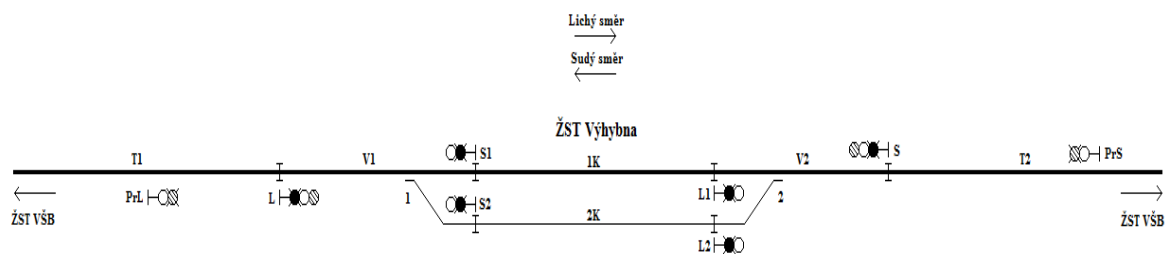
Směr jízdy popisuje směr, kterým vlak jede a je posuzován z pohledu cestujícího. Pro cestujícího, který sedí ve vlaku je důležité vědět, kterým směrem vlak jede, zda z východu na západ nebo z města na venkov. Tento směr jízdy má tedy geografický význam. Každý oddíl může být projížděn jedním ze dvou směrů jízdy a to lichého nebo sudého směru. Při návrhu jízdních cest uvedené v závěrové tabulce se vycházelo vždy nejdříve z jízd v lichém směru a až poté všechny jízdní cesty v sudém směru. Nasměrování lokomotivy popisuje směr, kterým směřuje přední část lokomotivy. Při jízdě s lokomotivou musí být znám plánovaný směr jízdy a momentální nasměrování lokomotivy, při tom je důležité zkontrolovat skutečný směr lokomotivy na kolejišti jestli souhlasí se směrem zobrazeným na monitoru počítače.



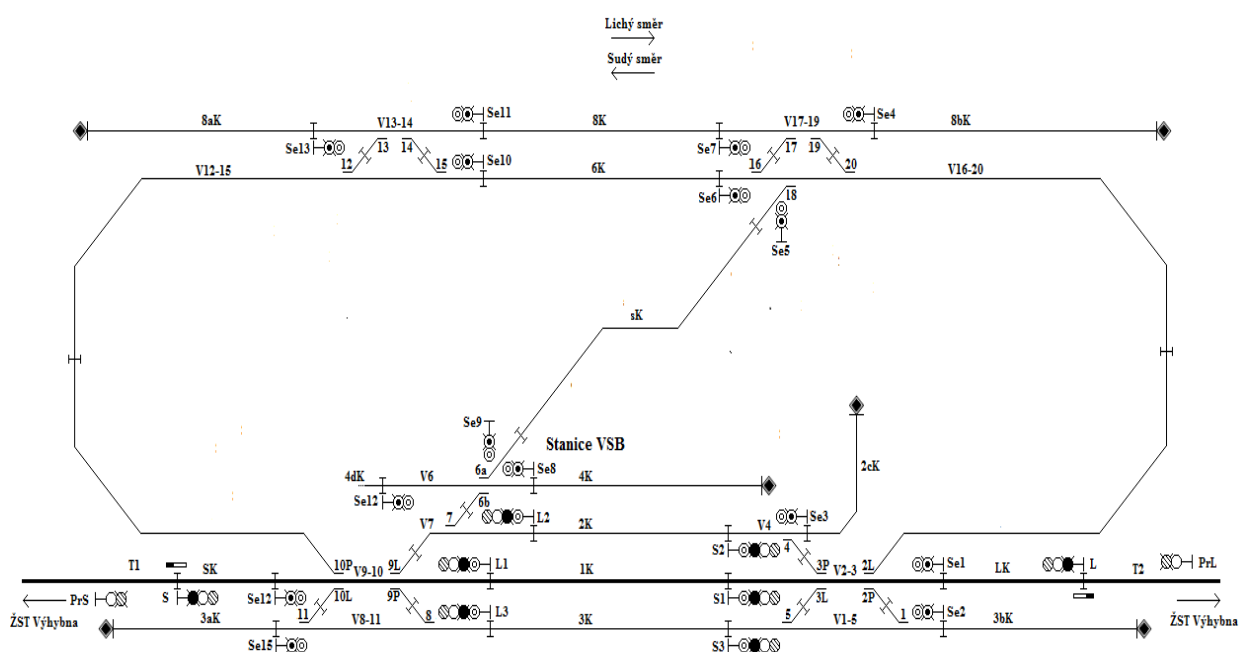
Obr. 27: Směry jízdy vlakové soupravy.

7.2 Situační schéma

Znázorňuje návrh kolejového plánu, výhybek, prostorových oddílů a návěstidel. Před vlastní stavbou bylo důležité navrhnout prostorové oddíly a zajistit zpětnou vazbu pro zjištění pozice vlaků a usnadnění automatického provozu. Další důležitou částí je návrh návěstidel a to jejich umístění a typ. Oddíly a návěstidla jsou navrženy v souladu s předpisy ČD D1, D2, D3. V plánování provozu se vyznačuje lichý a sudý směr znázorněné šipkami.

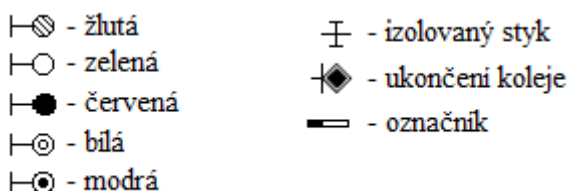


Obr. 28: Situační schéma stanice Výhybna.



Obr. 29: Situační schéma Hlavní stanice.

Vysvětlivky:



L1 až 3, S1 až 3 - odjezdová návěstidla

L, S - vjezdová návěstidla

Se1 až 11 - návěstidla pro posun

PrL, PrS - předvětsi

1 až 20 - označení výhybek

1K, 2K, 3K, 4K, 6K, 8K - stanični koleje

T1, T2 - traťové koleje

V - výhybkový úsek

LK, SK, aK, bK, cK, dK, sK - bezvýhybkový úsek

Obr. 30: Značky jednotlivých prvků a návěstí

Kvůli lepší přehlednosti je rozděleno situační schéma na Hlavní stanici a stanici Výhybna. V ČD se používá rychlostní návěstní souprava doplněná číslem, kterou jsem neřešil a proto je vynechána spodní žlutá barva u hlavního návěstidla pro jízdu (Vjezdové návěstidlo). Předvěst se umísťuje na zábrzdnu vzdálenost, která záleží na traťové rychlosti. Návěstidla se umísťují co nejblíže k izolovaným stykům. Jednotlivé návěsti se vrací do původního stavu hned po projetí, u posunu se vrací až po průjezdu celého vlaku. Základní stav návěstidla má vždy jednu návěst značenou v situačním schématu křížkem přes daný symbol výhradně červené nebo modré barvy. Výhybky se číslují od návěstidla L v lichém směru vzestupně podle kilometráže. Označník uvádí kam až je posun dovolen, je to bílý sloupek s modrou špičkou a dává se 50 m od vjezdu.

Stanice výhybna má dvě staniční koleje 1K a 2K, je zde umožněno křížit vlaky. Obsahuje dvě výhybky 1 a 2. Odjezdové návěstidla L1, L2, S1, S2, vjezdové návěstidla L a S doplněné o předvěsti PrL a PrS. Úseky V1 a V2 obsahují každý jednu výhybku, traťová kolej T1 a T2 neobsahuje výhybky a směřuje do Hlavní stanice.

Situační schéma Hlavní stanice je doplněno návěstidly pro posun. Obsahuje 4 staniční koleje a několik výhybkových i bezvýhybkových úseků a vratnou smyčku pro změnu směru.

7.3 Závěrové tabulky

Je zde znázorněna závěrová tabulka vlakových cest výhybek pro stanici Výhybna, z důvodů velikosti je závěrová tabulka pro Hlavní stanici je uvedena v příloze č. 3 až 8.

Vysvětlivky: Průjezd výhybek se značí L, P, R - koukám proti hrotu výhybné koleje (hrotu) u výhybky a je to L - Vlevo, P - Vpravo, R - Rovněž, VC - Vlaková cesta PC - Posunová cesta



Tab. 14: Závěrová tabulka výhybek pro stanici Výhybna.







Čísla výhybek	1	2
Základní poloha výhybek	P	L
Jízdni cesta		
VC od L na 1K	L	
VC od L na 2K	P	
VC od L1 na T2		P
VC od L2 na T2		L
VC od S na 1K		P
VC od S na 2K		L
VC od S1 na T1	L	
VC od S2 na T1	P	



U závěrové tabulky pro návěstění se uvádějí pouze trasy u kterých je přenos návěstí, to znamená že musí na návěstidle svítit povolující znak (zelená barva). Zobrazení návěstí musí být pro všechny vlakové cesty, pro posun neplatí. Pokud je stejná jako předchozí cesta, tak je uvedeno v řádku, kde se zobrazují přenosy "Návěsti viz. předcházející cesta".

Tab. 15: Závěrová tabulka návěstění u stanice Výhybna.

Jízdni cesta	Návěstidla a jejich stavy		
L → 1K	PrL	L	L1
	PrL	L	L2
L → 2K			

L1 → T2		L1	
			
L2 → T2		L2	
			

S → 1K	PrS	S	S1
			
			
S → 2K	PrS	S	S2
	Návěsti viz. předcházející cesta		

S1 → 1K		S1	
			
S2 → 2K		S2	
			

7.4 Norma zabezpečení 342620 TMŽ

Zkušební předpis - určuje zkoušení každé výhybky pro obsazení vlakové cesty nebo posunu. Přezkoušení stanice, traťových souhlasů, postavení vlakové cesty.

Zabezpečení výhybek

- Podmínky přestavení výhybky - volný kolejový obvod, není postavena vlaková cesta, po postavení cesty se s výhybkou nesmí přestavit.

Zabezpečení vlakové cesty

- Podmínky postavení vlakové cesty - volné kolejové obvody, výhybky jsou v požadované poloze, není postavena protisměrná cesta na stejnou kolej (cílový úsek).
- Podmínky pro vjezdové vlakové cesty jsou shodné s podmínkami pro postavení vlakové cesty.
- Podmínky pro odjezdové vlakové cesty na trať obsahují navíc nutný traťový souhlas, který zajišťuje aby nebyl plánován odjezd z druhé strany.
- Podmínky pro postavení posunu se liší v tom, že je možné vjet na obsazený kolejový obod.
- Podmínky pro změnu traťového souhlasu - volný traťový úsek, nesmí být postavena odjezdová vlaková cesta, nesmí se otáčet traťový souhlas,

Plánování a simulace provozu

Plán je posloupnost aktivit (i paralelně vykonávaných), které vedou k dosažení cíle. Plán musí respektovat příslušná technologická pravidla i časová omezení (např. technologické postupy obsluhy, délku pracovních směn obslužných zdrojů, nejzazší čas dosažení cíle apod.). V praxi se využívá strategické, taktické a operativní řízení.

Metody využitelné při řešení problémů souvisejících se simulací provozu osobních železničních stanic - Petriho sítě, Vnořená simulace, Metody operačního výzkumu.

8. Realizace železničního modelu a implementace systému řízení

Dopravní železniční model se skládá ze tří vzájemně propojených částí - kolejiště, senzorika a řídicí (akční) elektronika modelu. Celý model obsahuje dvě nádraží, 24 oddělených prostorových oddílů, 22 výhybek, 31 návěstidel, osvětlení a další stavební prvky. Každý oddíl je propojen s jedním vstupem proudového snímače a následně do modulu zpětného hlášení, kde je přiřazena adresa a zpětnou vazbou S88 hlášena do řídicí stanice. Všechny elektronické komponenty využívají DCC standardu. Komunikace mezi řídicí aplikací v PC a řídicí jednotkou je zajištěna sériovou linkou RS485 využívající protokol RocoNet.

8.1 Konstrukce dopravního modelu

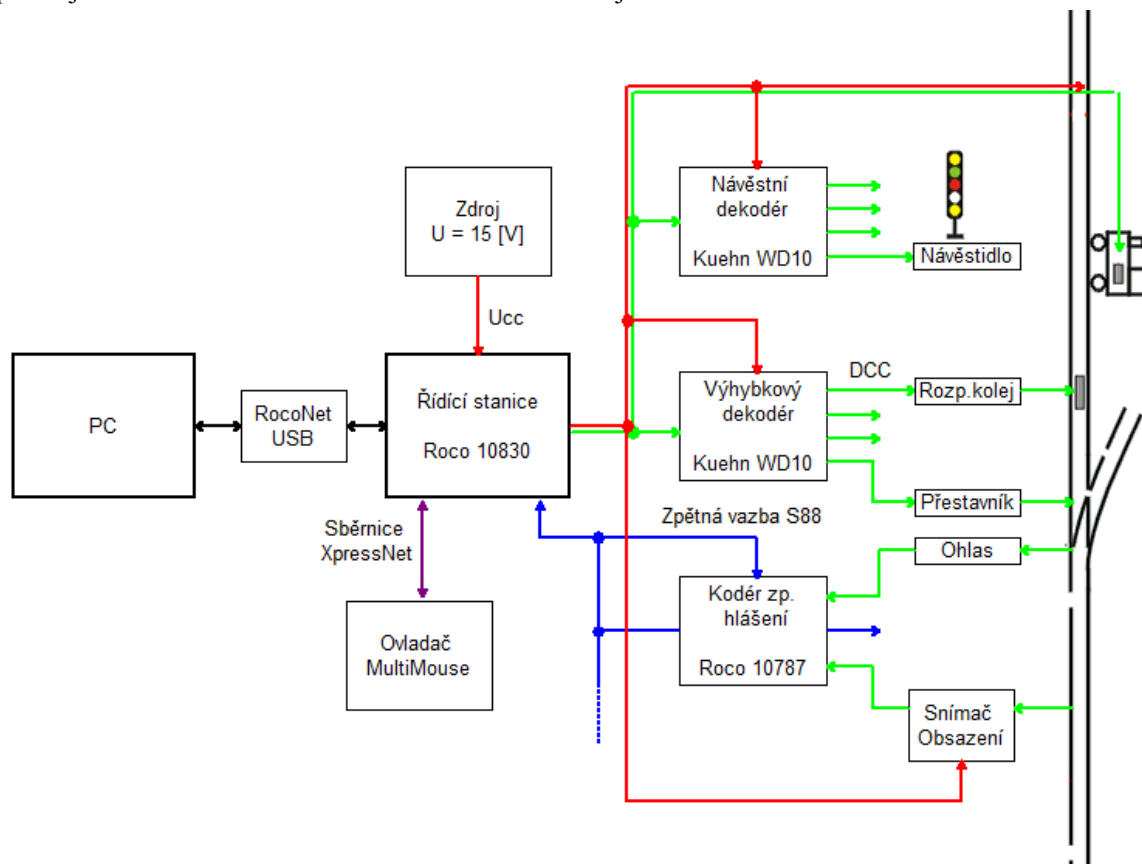
Prvním krokem ke stavbě bylo zhotovení kvalitního rámu jako nosné konstrukce. Stoupání a klesání trati na kolejišti je udělané pomocí dřevěných hranolů a sololitové desky. Na rovných místech se povrch pokryje posypáním travního materiálu mimo místa pro budovy a veřejné komunikace. Na připravené podloží se vložili jednotlivé části kolejového plánu (koleje a výhybky) a upevnili se vždy čtyřmi vruty. Zadní a boční stěny kolejiště jsou vyřezány ze sololitové desky, dále jsou vyřezány otvory pro přístup ke kolejím v tunelu. Stavbu kostry krajiny a skal před tunelem je možné vytvořit více způsoby, já jsem zvolil způsob pomocí montážní pěny a následným namalováním krajiny. Podloží v tunelu, zdi nebo tunely byly polepeny vytisknutými papíry s požadovaným motivem. K modulům je přivedeno napájecí napětí a jsou vodiči připojeny k jednotlivým prvkům jako jsou přestavníky, návěstidla, izolované koleje a osvětlení. Celkové schéma zapojení je uvedené v příloze č. 10. Další možné rozšíření modelu je zhodnocené v závěru, aby mohl být bezpečností řídicí systém dále rozvíjen. Stavební prvky a jiné alternativy řízení se mohou zapojit do výuky, nebo do kroužku mladých vývojářů.



Obr. 31: Fotka řízeného modelu.

8.2 Blokové schéma

Vybrané digitální komponenty, které byly vybrány, mají většinou mnoho variant od stejného nebo jiných výrobců. Vzájemná provázanost celého modelu, zvolených modulů a řídicích prvků je znázorněna v blokovém schématu v následujícím obrázku



Obr. 32: Blokové schéma modelu železnice řízené počítačem.

Střídavé napájení $U = 13-19$ [V], podle velikosti zátěže.

Sběrnice DCC: Vede informace k lokomotivním a spínacím dekodérům přes koleje.

Zpětná vazba S88: Vede informace zpětného hlášení do centrály.

Sběrnice XpressNet: Pro připojení dalších řídicích prvků (ovladače).

Dekodéry

Pomocí počítače lze ovládat téměř veškeré elektrické a elektronické prvky, nacházející se na kolejišti. Musí být ovšem vybaveny příslušnými digitálními zařízeními. Na jedné straně tedy máme kolejiště s jeho prvky (mašiny, výhybky, návěstidla atd.), a na druhé straně počítač s programem. Komunikace mezi nimi je oboustranná (duplicitní), informace jdou z PC do kolejiště a naopak.

Lokomotivní dekodéry(lokodekodéry)

Jsou zabudované v mašinách (lokomotivách). Zpracovávají informace, přicházející z digitální centrály řízené ovladačem nebo počítačem. Podle povelů ovládají motor, světla a další funkce (zvuk, spřáhla atd.). Obsahuje několik desítek i stovek programovatelných parametrů. Programovatelná místa jsou tvořeny registry označené písmeny CV. Každý registr obsahuje hodnotu která má určitý význam a lze ji až na výjimky měnit. Hodnota registru obsahuje 8 bitů v rozsahu 0-255. Nastavování, programování registrů CV se provádí na programovací koleji.

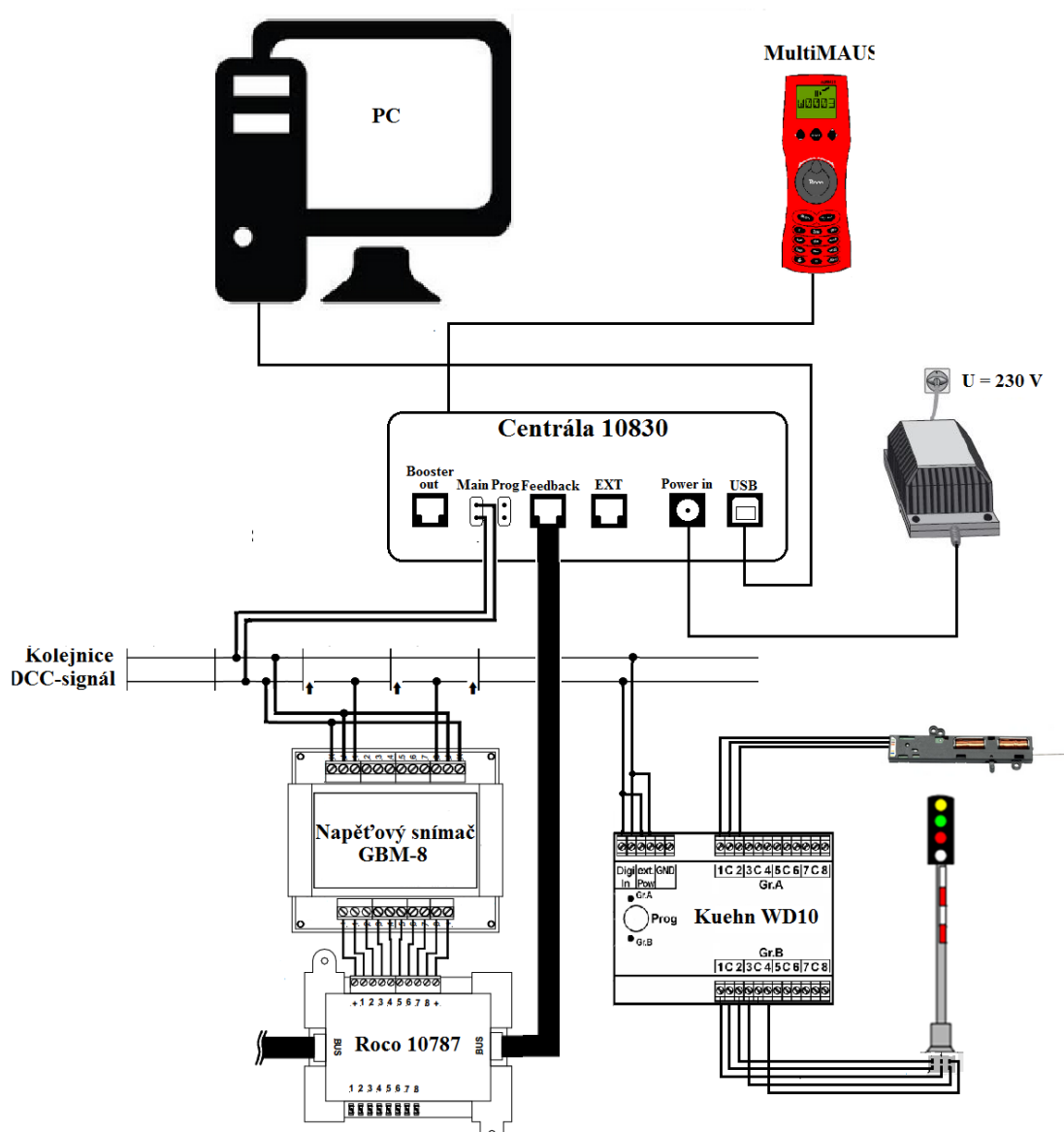
Spínací dekodéry

Spínají proud do nejrůznějších prvků. Jejichž použití je většinou specifikováno, a tak jsou někdy nazývány jako dekodéry příslušenství, výhybkové dekodéry, návěstní dekodéry apod. Spínají tedy především přestavníky výhybek, ale třeba i rozpojovače spřáhel, závory, osvětlení. Mají určitou povolenou zátěž (proud) a pokud je nutný větší výkon, je nutné ještě použít mezičlánek (relé nebo jinou elektroniku). Informace jsou rovněž předávány sběrnici DCC, napájení modulů je lepší oddělit z důvodů přílišného nezatěžování sběrnice DCC.

Kodéry zpětného hlášení

Mají přesně opačnou funkci jako spínací dekodéry, a to posílat informace z kolejiště do PC. Především jde o pohyb a lokalizaci kolejových vozidel nebo polohu (stav) výhybek. Jako prvotní zdroj signálu lze využít více prvků jako jsou kontakty nebo složitější elektronika (mikrospínače, jazýčkové relé, optoprvky, snímače). Sběrnice po které jsou informace přenášeny se jmenuje S88, a zároveň slouží jako napájení těchto komponent.

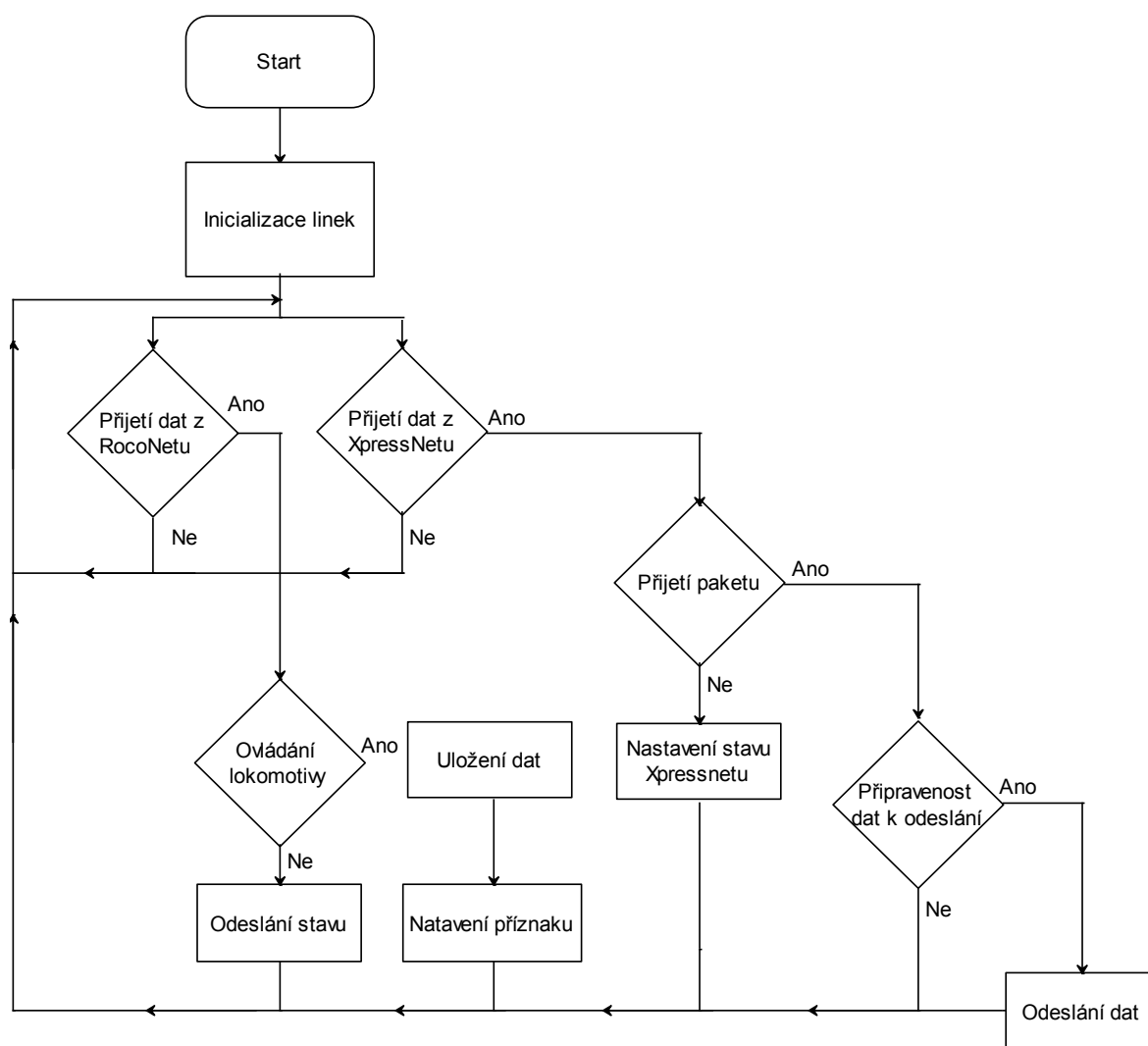
8.3 Schéma zapojení



Obr. 33: Obecné schéma zapojení celého systému.

8.4 Popis komunikace vývojové uživatelské aplikace s řídicí jednotkou

Řídicí algoritmus mezi řídicím systémem a řídicí jednotkou modelu se provádí pomocí datově zabezpečeného komunikačního protokolu, jehož zprávy jsou tvořeny definovanými pakety. Každý paket může být složen z jednoho nebo více příkazů a musí být ukončen ukončovacím příznakem. Jednotlivé příkazy musí obsahovat označení typu příkazu, data a zabezpečovací bajt. Při komunikaci mezi centrální jednotkou musí být dodržen komunikační časový interval (timeout). Po uplynutí tohoto času je model nastaven do výchozího stavu. Tomuto stavu odpovídá červená barva nebo modrá na všech návěstidlech, všechny výhybky jsou nastaveny na dle předchozího stavu a lokomotivy jsou zastaveny. Po přijetí paketu od řídicí aplikace systému řídicí stanice nejdříve zkontroluje jeho zabezpečení a pošle zpět potvrzení o přijetí paketu. Posílané potvrzení obsahuje počet platných příkazů, které byly obsaženy v přijatém paketu. Až poté začne jednotlivé příkazy postupně zpracovávat a vykonávat. Je-li v paketu žádost o informace stavu kolejiště, řídicí jednotka pošle paket s požadovanými informacemi. Po dokončení všech operací souvisejících s přijatým paketem odešle řídicí jednotka zprávu o dokončení všech požadovaných operací. Dokud řídicí jednotka nepošle tuto zprávu, jsou všechny došlé pakety zrušeny bez jakéhokoliv potvrzení.



Obr. 34: Vývojový diagram komunikace.

9. Realizace a implementace řízení provozu

Řízení dopravy modelu - Jakým způsobem bude kolejiště a lokomotivy ovládány.

- Ruční
- Kombinované
- Automatické

Je nutno si uvědomit, jak složitý bude provoz. Při ručním ovládání těžko zvládneme víc, jak jeden vlak, lze to řešit připojením dalšího ovladače. Kombinované způsoby jsou řešeny u využití analogového i digitálního řízení modelu. Další možností je řízení pomocí ovladače spolu s počítačem, kde může být nastavený částečný automatický provoz. K automatické se váže jeden zásadní omyl, který lze nejlépe popsat větou "přece se nebudu jen dívat, jak to samo jezdí". Proto i při automatickém provozu je zcela běžné, že určitá lokomotiva se ovládá ručně, jiné lokomotivy řídí počítač. Ve zmíněné kombinaci je důležité, aby obsluha ručního ovladače dodržovala povely návěstidel a pravidla provozu.

9.1 Řízení s využitím ovladače multiMAUS

Ovladač je vhodný pro jednoduchou a zároveň rychlou obsluhu a řízení digitální modelové železnice. Je propojený s digitální centrálou podle obrázku 33. Hlavní výhodou je komfortní jízdní regulátor nebo možnost řízení a programování dekodérů, lokomotiv, výhybek atd.

Nastavení lokodekodéru

Nastavovat CV registry lze buď přímo z ovladače centrály, nebo z PC pomocí programovacího softwaru. Význam registrů je dán normou NMRA. Některé registry jsou povinné, některé důrazně doporučené, zbylé jsou volitelné, dle uvážení výrobce lokodekodérů. Následující tabulka uvádí nejdůležitější registry CV.

Tab. 16: Registry CV u lokodekodéru.

CV	Rozsah	Základní hodnota	Význam
1	1 - 127	3	adresa lokomotivy
2	1 - 252	1	rozjezdové napětí
3	0 - 255	2	rozjezd
4	0 - 255	1	dojezd
5	1 - 252	1	maximální rychlost
6		1	střední rychlost
7			číslo verze
8		145	reset
29		14	konfigurace

- CV1 Adresa lokomotivy - v případě využití více lokomotiv na kolejích, musí být možno každou lokomotivu identifikovat a to právě díky adrese.
- CV2 Rozjezdové (startovací) napětí - je to první bod (počátek) křivky rychlosti.
- CV3 Rozjezd (akcelerace) - jak rychle lokomotiva zareaguje na změnu zvýšení rychlosti. Při hodnotě 0 je to okamžitě, zvyšování hodnoty vede k plynulejším změnám rychlosti.
- CV4 Dojezd (decelerace) - jak rychle lokomotiva zareaguje na změnu snížení rychlosti. Při hodnotě 0 je to okamžitě, zvyšování hodnoty vede k plynulejším změnám rychlosti a lokomotiva pomaleji brzdí.

- CV5 Maximální rychlost - nastavení modelové rychlosti, odpovídající skutečné konstrukční rychlosti lokomotivy.
- CV6 Střední rychlost - je to rychlost, kterou se lokomotiva pohybuje při nastavení regulátoru jízdy přesně na polovinu. Tato rychlost je vhodná při posunové cestě.
- CV7 Číslo verze programu - program který je v lokodekodéru nahrán.
- CV8 Reset - Přečtením hodnoty z tohoto registru určíme neznámý dekodér. Pro reset dekodéru zadáme hodnotu 8 a provede se nastavení všech CV na tovární hodnoty.
- CV29 Konfigurace - nastavení některých důležitých parametrů pomocí bitového nastavení.

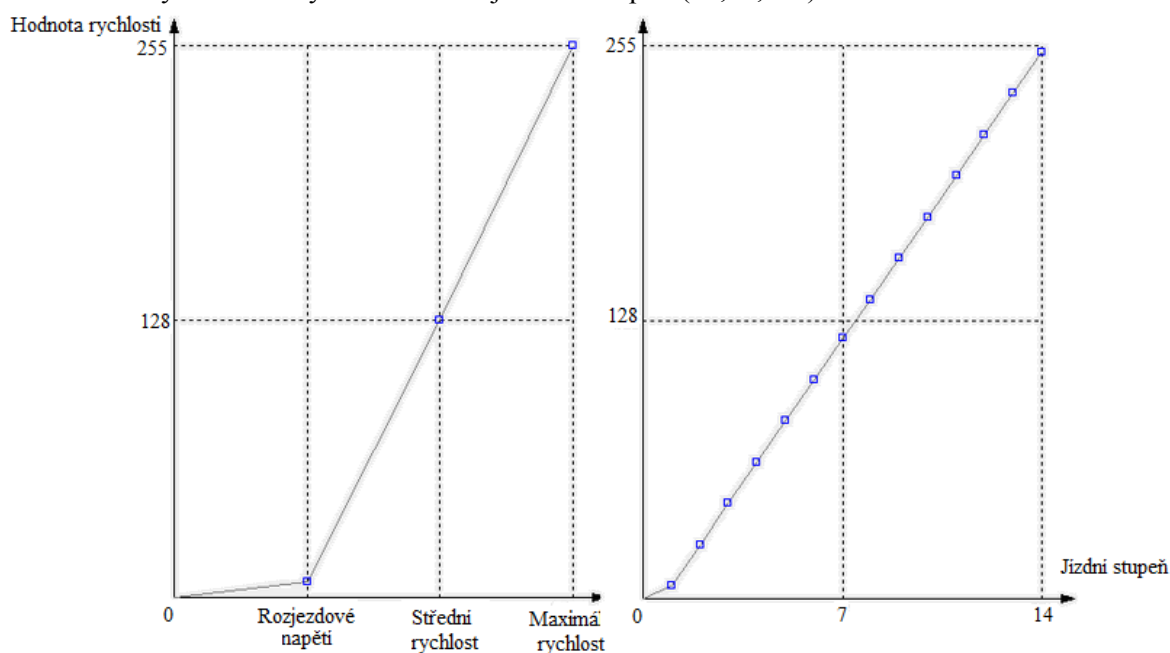
Tab. 17: Vlastnosti registru CV29

Význam	Hodnota	Dekadická hodnota
směr jízdy	0 = normální 1 = obrácený	1
mód jízdních stupňů	0 = 14, 1 = 28 jízdních stupňů	2
analogový provoz	0 = jen dig. 1 = dig. a analog	4
křivka rychlosti	0 = tříbodová 1 uživatelská	16
adresa	0 = 1-bytová 1 = 2-bytová	32

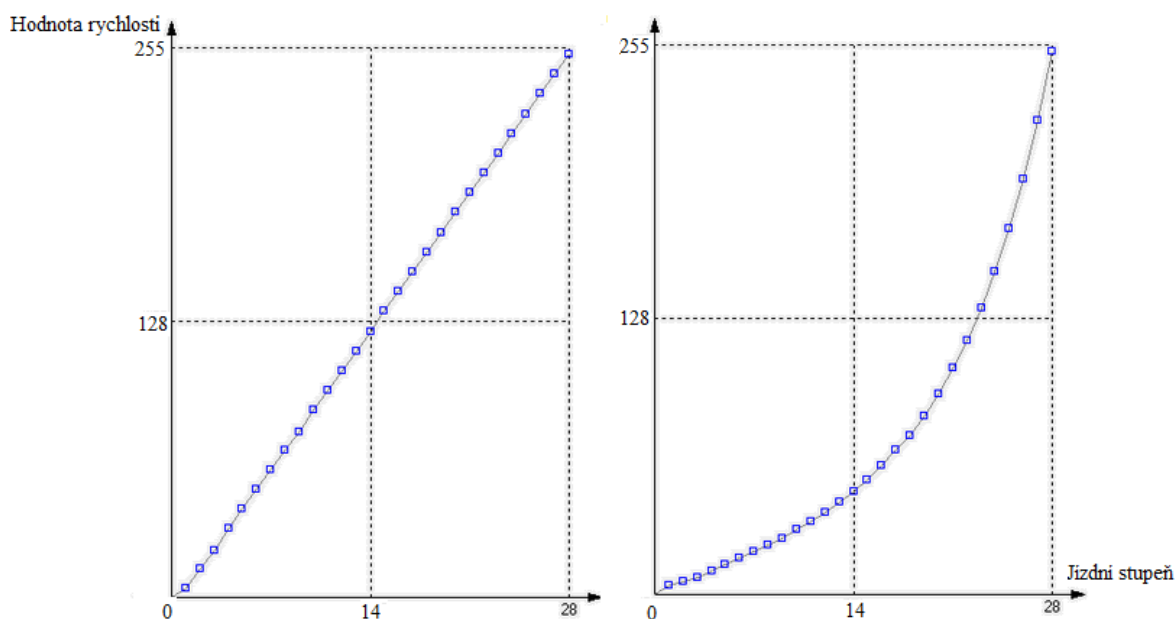
Tab. 18: příklad nastavení registru CV29

	Bit	Dekadická hodnota
mód jízdních stupňů	1	2
provoz	2	4
křivka rychlosti	4	16
Součet (CV29)		22

Křivka rychlosti - V dekodéru lze definovat vztah mezi nastavením ovládacího signálu pro rychlost a signálem posílaným do motoru. Tento vztah je určen nastavitelnou křivkou a k dispozici je nastavení pomocí tří bodů křivky a nebo vícebodové nastavení celého průběhu. Počet bodů více bodové křivky záleží na vybraném módu jízdních stupňů (14,28,128).



Obr. 35: Křivka rychlosti tříbodového a 14 bodového jízdního stupně.



Obr. 36: Křivky rychlostí 28 bodového rychlostního stupně.

Na obrázku 36 je zobrazena lineární funkce zrychlení, a druhá funkce je exponenciální pro jemnější a plynulejší rozjezdy lokomotivy. Při použití 128 bodového rychlostního stupně je docíleno velmi plynulé změny rychlosti.

Programování adresy lokomotivy

Knihovna lokomotiv je vlastně paměť, která umožňuje uložení lokomotiv pod jménem, uložení adres a jízdní citlivosti při jízdě. Pro uložení nové lokomotivy najdete volné místo v knihovně (paměti) lokomotiv pomocí šipek. Na displeji bude zobrazeno NEU. Následně po potvrzení tlačítkem OK se zadá jméno lokomotivy pomocí funkčních tlačítek 1 až 10. Tlačítkem OK potvrdíme a poté se zobrazí lokomotivní adresa. Bude uvedena doporučená adresa a stisknutím tlačítka SHIFT a šipek je možné zadat adresu novou. Tato adresa bude zatím uvedena jen v knihovně lokomotiv. Odpovídající změnu adresy dekodéru lokomotivy se musí provést přes CV1. Po potvrzení tlačítkem OK lze nyní vybrat pomocí šipek rychlostní režim z možných 14, 28, 128 rychlostních stupňů.

Změna polohy výhybky

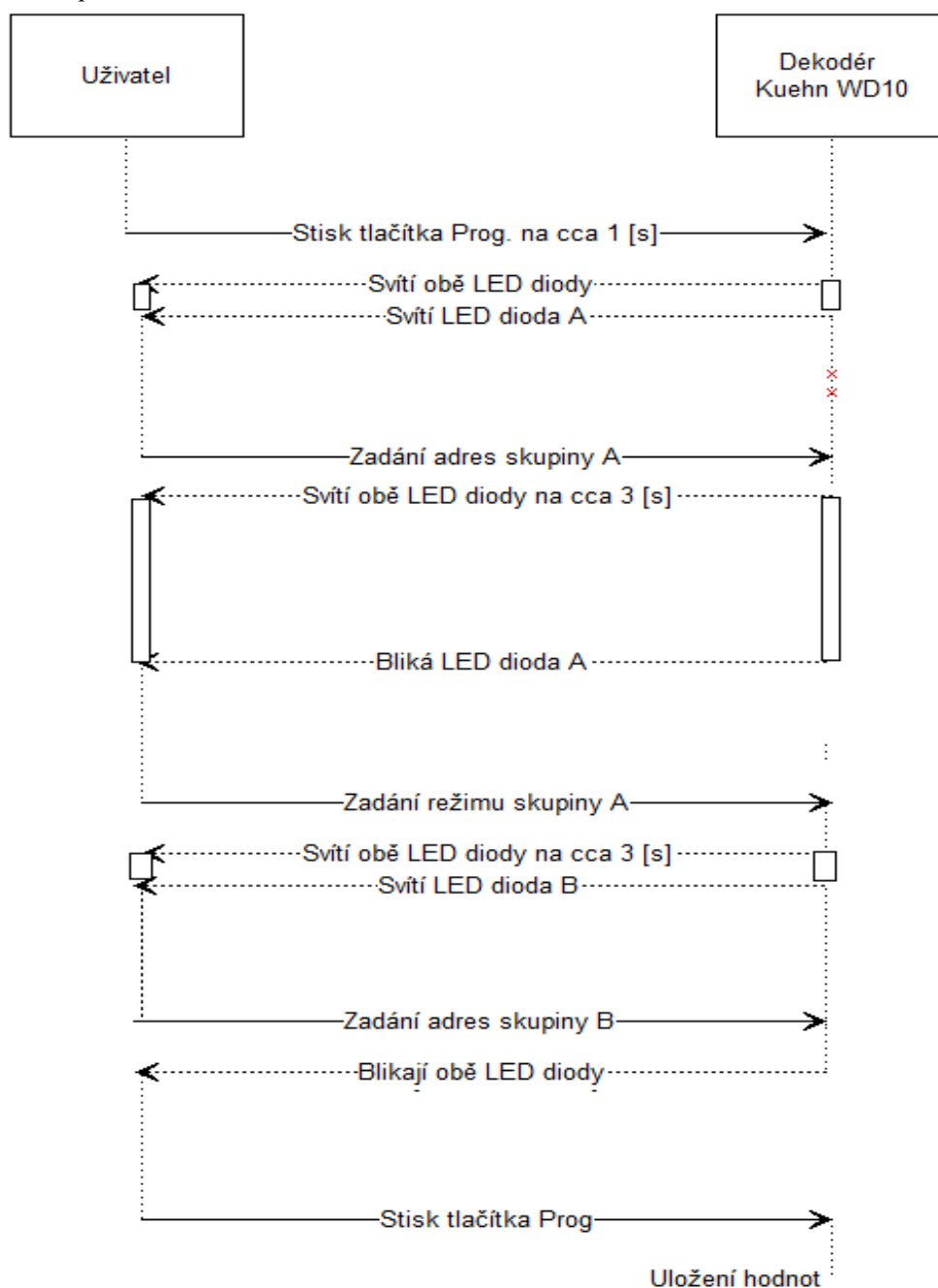
Změnit polohu zvolené výhybky můžeme pomocí ovladače v režimu výhybek. Pomocí šipek je přestavena výhybka se zvoleným číslem a tím i adresou danou zapojením na příslušný výstup dekodéru. Kombinací tlačítek SHIFT a šipek je možné projíždět seznamem (adresami) výhybek.

Programování režimu a adres výhybkového dekodéru kuehn wd10

Se provede podržením programovacího tlačítka Prog. umístěném na dekodéru přibližně 1 s, dokud nezačnou svítit obě LED diody. Po uvolnění tlačítka Prog. se rozsvítí pouze LED skupiny A, pak je dekodér připraven k programování. Dekodér čeká na zadání adresy skupiny A. Na ovladači MlutiMOUSE se přepne do režimu výhybek a navolí se pomocí tlačítka SHIFT a šipek první číslo (adresa) výhybky, která se chce přiřadit prvnímu výstupu skupiny A. Ostatní tři adresy se doplní automaticky a pro potvrzení se zadá přestavovací povel na přestavení výhybky v jakémkoliv směru. Jakmile povel dekodér přijme, rozsvítí se obě LED na cca 3s. Nyní LED skupiny A bliká a očekává nastavení typu provozu.

Pro využití elmag. přestavníku ponecháme tovární nastavení a to režim 2 daný adresou 6 a potvrdíme tlačítkem Prog. V případně nastavení skupiny pro trvalé osvětlení jsem zvolil režim 4 s adresou 8. Další krok se opakuje i pro skupinu B akorát s rozdílem zadání čísla adresy prvního výstupu skupiny B. V mém případě jsem nastavil adresu 1 a 5 pro prvních 8 výhybek. Po správném nastavení by měli blikat obě LED diody a poté už jenom stačí zmáčknout tačítko Prog., aby se hodnoty uložily a dekodér byl připraven k použití.

Pro nastavení továrních hodnot tj. provedení RESETU, se provede stisknutím tlačítka Prog. tolikrát, aby se rozblikali obě LED diody. Poté se zadá pokyn pomocí ovladače k přepnutí výhybky s adresou 12 a potvrdí se zadáním přestavovacího povelu na ovladači. Poté proběhne reset a nastaví se tovární hodnoty, první výstup bude mít adresu 5 a poslední 13 s režimem pro řízení výhybek pro obě skupiny A i B. Podrobné schéma zapojení dekodérů je v příloze č.10, a seznam adres přestavníků v příloze č. 1.



Obr. 37: Sekvenční diagram nastavení dekodéru.


9.2 Vývojové prostředí Rocomotion

Práce s programem Rocomotion je v celku intuitivní, hlavním krokem je vytvoření kolejového plánu dle vyrobeného modelu. Dále je důležité a pracné nastavit správně všechny adresy a parametry řídících prvků určené zapojením. Následně je umožněno plánování jízdních tras a tím vytvoření automatického provozu. Stručný popis programu a postupu programového nastavení je uveden v této kapitole.

Program Rocomotion je určený pro řízení kolejiště pomocí PC a lze spustit na většině operačních systémů Microsoft Windows. Rocomotion nabízí grafické prostředí, stavědla, stanoviště strojvůdců a prvky obsluhy k ovládání výhybek, návěstidel, vlakových cest a vlaků. Vlak je možné řídit pomocí stanovišť strojvůdců, nebo paralelně využívat i tradiční regulátory jízdy a to umožňuje několika osobám řídit provoz z různých míst. Program je koncipován pro podporu manuálního, poloautomatického a automatického řízení celého kolejiště jakož i pro smíšený provoz manuálního a automatického řízení i pro různé vlaky na stejné koleji.

Po nainstalování a spuštění je nutné nastavit komunikační rozhraní mezi PC a centrálou a to pomocí USB, které propojuje digitální systém i počítač. Nastavení se provede v hlavní nabídce *Railroad* a poté kliknutím na *Setup digital system*, tam se vybere zvolený typ propojení. Zda je správně propojen digitální systém, otestujeme střídavým vyvoláním příkazů *Power on* a *Power off* z nabídky *Railroad*. Digitální systém by měl správně reagovat na tyto příkazy, a to spuštěním nebo nouzovým zastavením doprovázené zelenou nebo červenou signalizací ve spodní liště programu. Pokud tomu tak není, je nutné pečlivě zkontrolovat zapojení a nastavení komunikace dokud se problém nevyřeší. Obecně program má dva režimy a pro správnou činnost je nutné mít nastavený správný režim, aby byly aktivní funkce, které jsou specifické pro každý režim. V režimu *Edit mode* provádíme nastavení parametrů a vytváření kolejiště. Jestliže tlačítko *Edit mode* není aktivní, dostáváme se do provozního režimu, kdy jezdíme a ovládáme kolejiště.

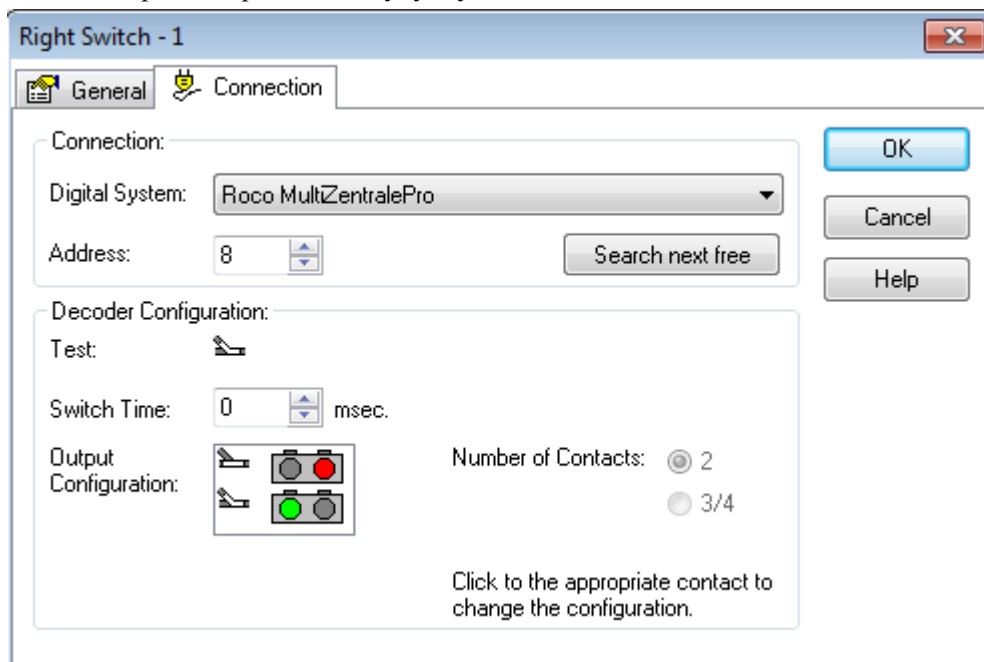
Vytvoření kolejového plánu

Základním krokem je vytvoření kolejového plánu na mřížkové prázdné ploše programu, k tomu nám dopomůže kolejový element v nabídce *Tools -> Draw* , pomocí kterého přeneseme do programu náš kolejový plán. Výhybky jsou vloženy jednoduše vytážením ve směru výhybky z předtím rovného úseku a naopak připojením k již existujícímu rovnému úseku. K dispozici jsou následující kolejové elementy - rovné koleje, oblouky malé a velké, koncová kolej, křižovatka a most diagonální nebo vertikální, výhybky levé, pravé, symetrické, trojcestné, křížové jednoduché nebo dvojité a točna jen jako symbol bez funkce řízení.

Ovládání výhybek


Po zhotovení kolejového plánu je dalším krokem propojení výhybek s reálnými výhybkami na kolejišti. K tomu je především třeba zadat digitální adresu každé výhybky, to se provede v programu označením požadované výhybky a volbou příkazu *Properties*, objeví se dialogové okno na obrázku 37. Zadejte v políčku *Address* tutéž adresu, kterou jste předtím zadali k ovládání výhybky vaším digitálním systémem. Nebo podle připojení k digitálnímu dekodéru a jeho výstupní adrese. Stisknutím ikony vedle nápisu *Test* docílíme že skutečná výhybka na kolejišti by měla reagovat. Důležité je zkontrolovat skutečnou polohu výhybky s programem a případně to změnit v nastavení *Output configuration* kliknutím na šedě označený kroužek dle obrázku 37 a nebo změnou kabeláže a jednotlivých konektorů připojeným k přestavniku. Barevně označené kroužky přitom označují aktuálně sepnuté výstupy dekodéru pro odpovídající polohu výhybky. Tmavě označené kroužky označují kontaktní výstupy, které u této polohy zůstávají bez napětí.

Pro výhybky s více než dvěma stavy jako např. trojcestné nebo křížové výhybky se čtyřmi cívkami elektromagnetu se obsadí dvě digitální adresy. Program Rocomotion zde používá kvůli jednoduchosti vedle zadané automaticky nejbližší vyšší adresu. Nastavením parametru *Switch time* je možné nastavit zpoždění přestavení výhybky.



Obr. 38: Příklad nastavení pravé výhybky.

Stanoviště strojvůdce


Nejdřív je nutné aktivovat funkci *Edit mode*  v nabídce *View*, v tomto režimu mohou být do programu zadávána nová data nebo měněna stávající. Dále se zvolí příkaz *New Train Window* z nabídky *Window* a objeví se na monitoru obrázek 39, pomocí grafického jízdního regulátoru je možné ovládat rychlost, směr a přídavné funkce lokomotiv. Lze velmi rychle přepínat mezi jednotlivými lokomotivami a je zde dokonce zobrazena rychlost a hodnota zobrazující počet ujeté vzdálenost.

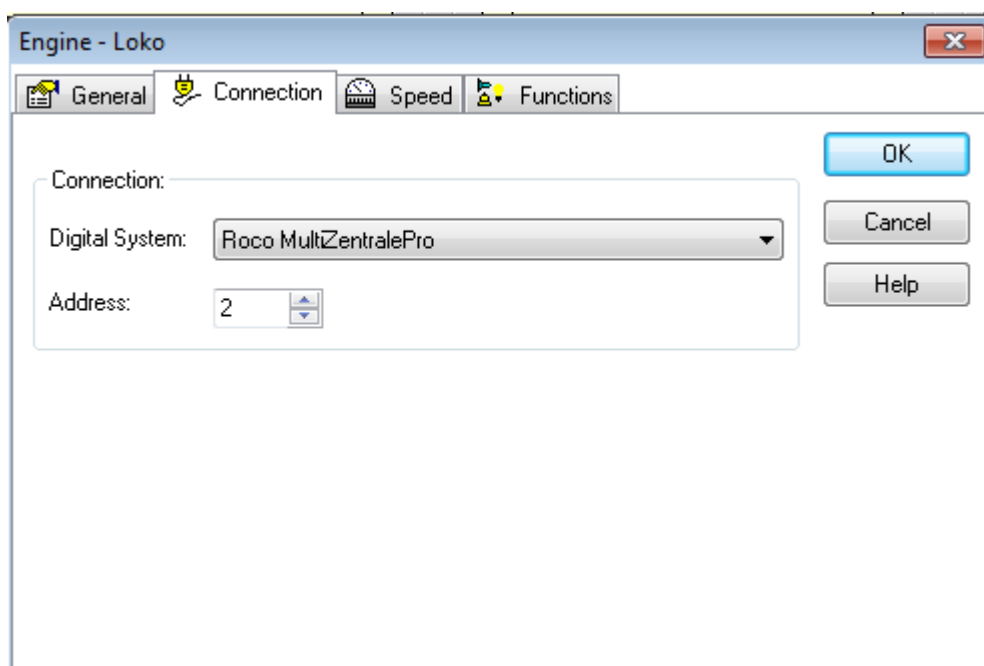


Obr. 39: Stanoviště strojvůdce.

Na tachometru lze odečíst aktuální rychlost předlohy lokomotivy nebo vlaku. Rychlost předlohy vyplývá ze skutečné rychlosti na modelovém kolejišti a modelového měřítka. Potřebuje-li lokomotiva v měřítku 1:87 (H0) pro trať o délce 1m 5 vteřin, ujela by tou samou rychlostí 720 metrů za hodinu, což odpovídá rychlosti předlohy cca 63 km/h. Aby mohla být rychlost předlohy správně nastavena a na tachometru správně zobrazena i pro správné řízení lokomotiv v automatickém provozu, měl by se zjistit pro každou lokomotivu rychlostní profil.


Rychlostní profil je tabulka, v níž se pro každou lokomotivu a oba směry stanoví, jaká rychlost předlohy odpovídá určitému rychlostnímu stupni. Při určitém faktoru zrychlení se z rychlosti předlohy zjistí nasimulovaná vzdálenost, která se zobrazí na počítači kilometrů.

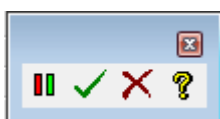
Nyní vytvoříme profil a nastavení lokomotivy zvolíme příkaz *Properties* . Je nutné mít aktivovanou lištu z nabídky *Wiew - Tool bars - Main tool bar*, a označené dialogové okno pro řízení lokomotivy, aby byla ikona nastavení aktivní. Nyní se zobrazí následující dialogové okno a je to jeden z nejdůležitějších příkazů, je aktivován pro všechny objekty (Lokomotivy, výhybky, návěstidla, vlakové cesty atd.) vždy, když mají být změněna nastavení pro daný objekt. Zde se nastaví připojení *connection*, v políčku *Address* se zadá adresa lokomotivy. Dále je zde možné zadat lehce zapamatovatelný název lokomotivy, nastavit maximální rychlosti vpřed a vzad, akcelerace, zpomalení atd. Dále je možnost přidání dalších funkcí jako osvětlení, píšťala, spřáhla. Je-li lokomotiva se svou digitální adresou zadána, může se už pomocí stanoviště strojvůdce dát do pohybu.



Obr. 40: Nastavení lokomotivy a její digitální adresy.

Vlakové cesty

Program nabízí elementy vlakových cest, pomocí nichž mohou být spínány a blokovány výhybky a návěstidla patřící k jedné vlakové cestě. Vlakové cesty se v kolejovém plánu obsluhují příslušným spínačem vlakové cesty, který funguje podobně jako vypínač. Při zapnutí se výhybky a návěstidla patřící do jedné vlakové cesty sepnou a zablokují, při vypnutí se toto blokování zruší. Dokud blokování trvá, nemohou být dané výhybky a návěstidla přepínány nebo použity v jiných vlakových cestách. Je nutné rozlišovat vlakové cesty podle určení, zda jsou pro manuálně řízený provoz ovládané jen spínačem vlakové cesty nebo pro automatický provoz, který je řízen vizuálním výpravčím. U záznamu manuálních vlakových cest je nejdůležitější zakreslení jízdní dráhy. K tomu se umístí spínač vlakových cest z nabídky *Tools* se zvolí příkaz *Route* . Dále v nastavení zmiňovaného elementu se zvolí příkaz *Record*. Spustí se tzv. záznamník stavědla, s jehož pomocí může být vlaková cesta zakreslena.



Obr. 41: Okno pro záznam vlakové cesty.

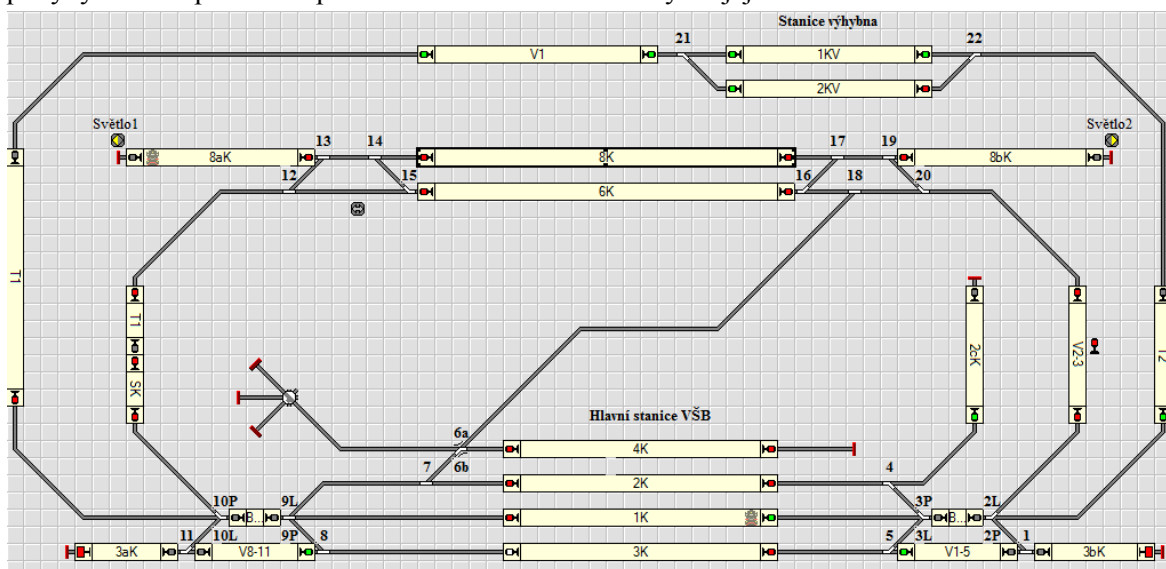
Záznamník stavědla obsahuje čtyři prvky obsluhy. Jsou to (zleva doprava):

- Pauza/pokračovat - Záznam se přeruší dokud se toto tlačítko znovu nestiskne.
- Stop a uložit - Záznam se ukončí a zaznamenaná vlaková cesta se uloží.
- Stop bez uložení - Záznam se ukončí aniž by se zaznamenaná vlaková cesta uložila.
- Náповěda - Zobrazuje informace náповědy záznamníku.

Nyní je možné zaznamenat vlakovou cestu. Začne se nejprve klepnutím na kolejový element, kde má vlaková cesta začínat a poté na kolejový element, na kterém má vlaková cesta končit. Program nyní zkouší najít jízdní dráhu od počátečního do cílového elementu vlakové cesty a v případě úspěchu se celá vlaková cesta podbarví žlutě. Poté je možné spínačem vlakové cesty v jízdním režimu spustit a tím se nastavím příslušné prvky pro jízdu nadefinovanou jízdní trasou. Existuje-li několik vlakových cest a program najde jinou než je požadovaná, je možné definovat trasu po částech. Po klepnutí na začínající kolejový element a při stisknutí klávesy SHIFT je možné několikrát označit kolejové elementy mezi začátkem a koncem vlakové cesty.

Vytvoření oddílů - hlídání pohybu vlaků.

Pomocí informací ze zpětných hlásičů se Rocomotion dostává do situace, aby sledoval pohyby vlaků a prováděl správná rozhodnutí a řídil vlaky do jejich cíle.

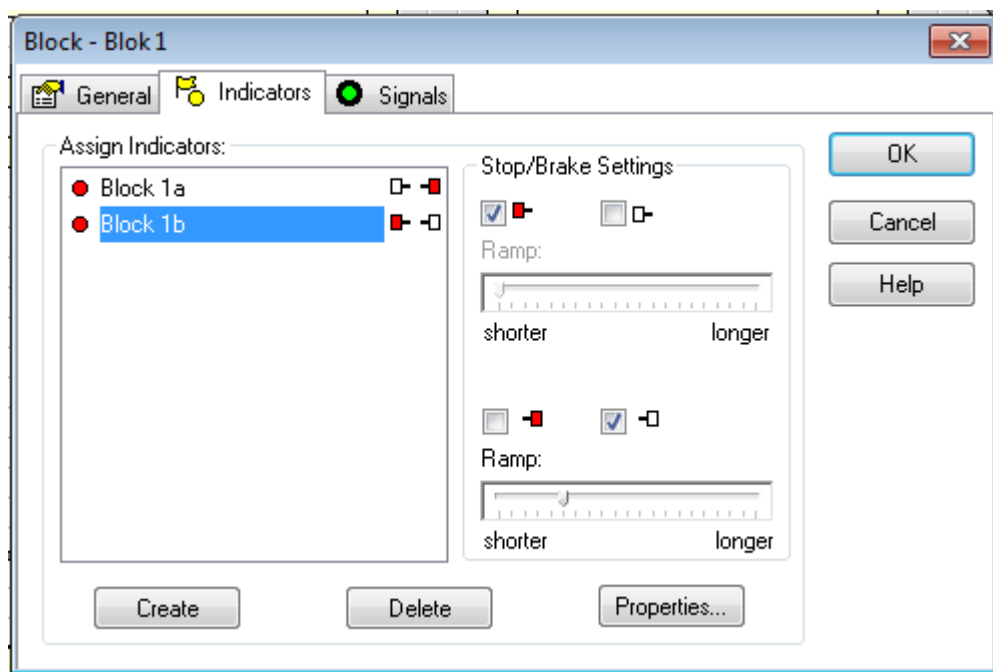


Obr. 42: Vytvořený kolejový plán a jednotlivé oddíly.



Existují přirozeně i jiné možnosti, jak rozdělit kolejiště na úseky obsazení nebo také hlídání mžikovými kontakty. Výše uvedený obrázek také nepředstavuje bezpodmíněčně optimální řešení, ale bylo zvoleno podle situačního schématu v souladu s předpisy s ČD.

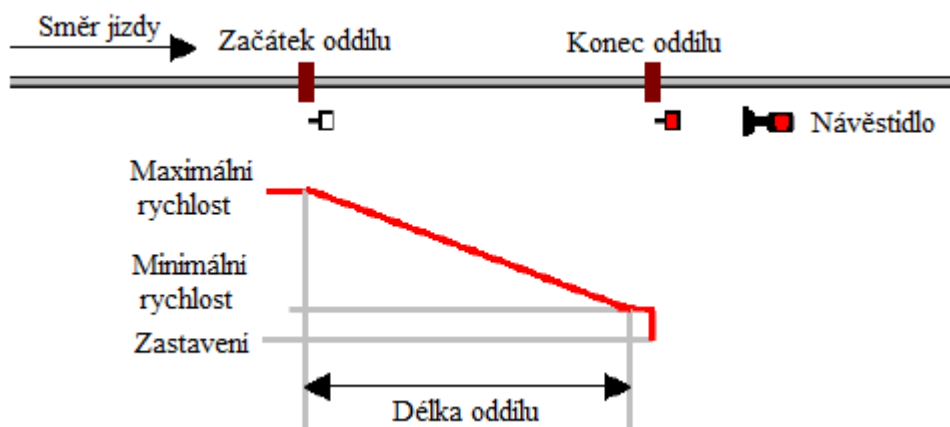
Oddíly se v programu Rocomotion zobrazují jako obdelníkové symboly na monitoru. Tyto symboly se nazývají *Traffic-boxy*, protože zobrazují ještě více informací než jen oddíly. Zadáni oddílu do našeho kolejiště se provede v nabídce *Tools -> Traffic Box*. Nastavení parametrů oddílů provedeme označením oddílu a kliknutím na ikonu *Properties* se zobrazí následující dialogové okno. Zobrazí se parametry vybraného oddílu, jsou už zadány do oddílu dva zpětné hlásiče. V mém provedení mám zapojený vždy jeden oddíl do jedné adresy zpětného hlásiče a proto mi postačí jenom jeden blok. Dvojklikem na blok se nastaví digitální adresa, číslo vstupu a případně adresa modulu zpětného hlášení dané zapojením dle přílohy č. 2.

Po správném nastavení oddílu a při přítomnosti lokomotivy v úseku se aktivuje kontakt zpětného hlášení signalizované příslušnou LED diodou na modulu a barva *Traffic Boxu* by se měla podbarvit červenou barvou.



Obr. 43: Nastavení adresy a parametrů oddílu .


V panelu *Stop/Break settings* lze nastavit délku dráhy a tím i brzdnou vzdálenost hlídaného kolejového úseku. Toto nastavení je nutné experimentálně nastavovat a testovat pozici zastavení skutečné lokomotivy. Přesným nastavením zajistíme zastavení v určeném místě oddílu. Symbol  se používá jako hlásič brzdění pro lokomotivu jedoucí zleva doprava. Hlásič zastavení určující místo zatavení je znázorněn symbolem  pro stejný směr jízdy. Na obrázku 44 červená čára zvýrazňuje rychlost lokomotivy, která má být automaticky zatavena před koncem oddílu a návěstidla v poloze stůj. Pro nastavení zastavení v opačném směru tedy zprava do leva se nataví parametry opačných symbolů brzdění a zatavení.



Obr. 44: Nastavení brzdné dráhy v oddílu


Zobrazení polohy vlaku na monitoru




Důležitou součástí zabezpečení jízdy vlaků je monitorování jejich přesné polohy. V programu to provedeme při vypnutém Edit módu v označeném oddílu a přítomnosti vlaku na koleji tohoto oddílu.

Provede se příkazem *Assign train*  z nabídky *Block*. V dialogovém okně vybereme lokomotivu a přiřadíme vlak ke zvolenému oddílu a směr jízdy vpravo nebo vlevo. V případě že tento směr nesouhlasí se skutečným směrem lokomotivy na kolejišti, je možné ho kdykoliv změnit pravým kliknutím na symbol lokomotivy příkazem *Reverz train orientation*.

Po nastavení se mění poloha vlaku v programu podle skutečné pozice lokomotivy. V *TrafficBoxu* se zobrazuje stav příslušného oddílu podle provozní situace se zobrazí v případě obsazení název a nebo libovolně volitelný symbol lokomotivy.











Automatické řízení vlaků.

Při automatizovaném provozu je jízda, zastavení vlaku a nastavení parametrů dráhy jako jsou polohy výhybek, stav návěstidel prováděna zcela samočinně. Stačí zadat jízdní cestu z původního do cílového oddílu a to pomocí stisknutí tlačítka "A" na klávesnici PC. Po zobrazení ikony  a pohybem kurzoru myši do konce cílového oddílu ve správném směru vyvoláme jízdní cestu a lokomotiva se dá do pohybu. Takovým způsobem je možné jednoduše řídit pohyb lokomotivy v modelu.

Při složitějším provozu je možné lokomotivu, rozjíždět, zastavovat na určených místech, vytváření kyvadlového provozu, současné řízení několika lokomotiv a další mnohé funkce které jsou dále popsány. Zákaz projetí oddílu ve zvoleném směru se provede příkazem *Lock exit right/bottom* , který zakazuje jízdu vpravo a dolů. Zavedením elementu *Lock exit left/top* , kterým je dán zákaz jízdy vlevo a směrem nahoru. Výběrem ikony z menu *Block - Lock / Release*  zakážeme využití oddílu.

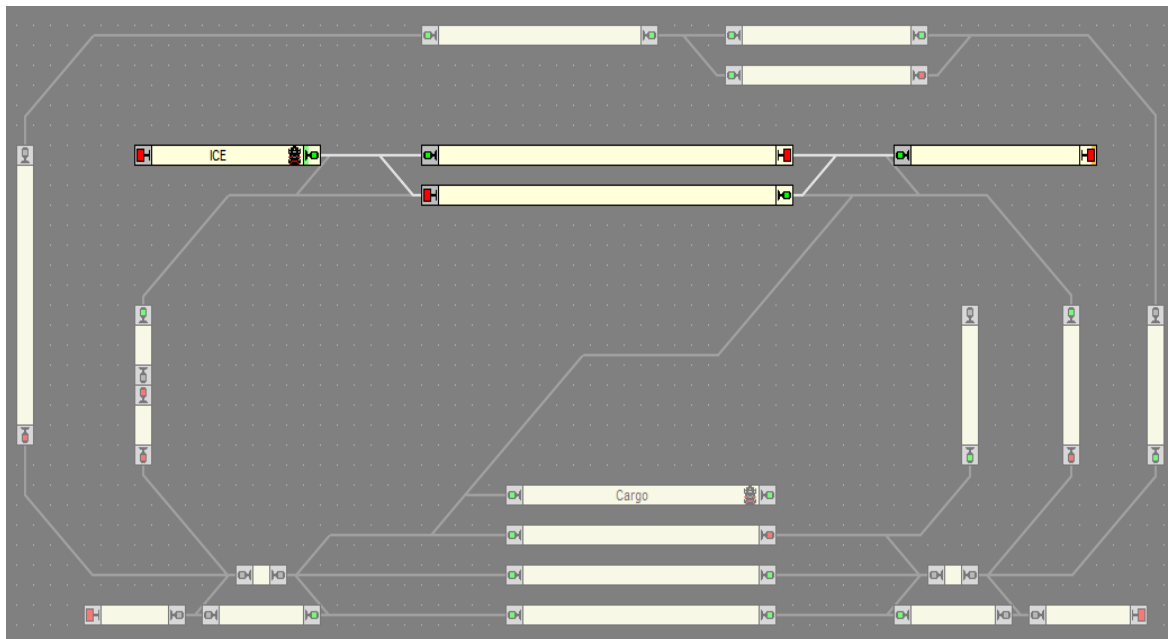
Vytvoření automatické vlakové cesty

Umožňuje nechat vlaky jezdit kdykoliv automaticky, aniž by se předem musel stanovit oběh formou jízdy vlaku, nebo novou jízdu vlaků v průběhu provozu. Vlaky mohou být řízeny osobně, přičemž se přebírá role podobné strojvůdci, který je odpovědný za řízení rychlosti a sledování oddílových návěstidel dle provozní situace. Jízdy vlaků mohou být plánovány i pro posun nebo pro kyvadlové vlaky, jako náhodně řízené nebo jako cyklicky se opakující jízdy.

Nejprve aktivujeme lištu symbolů pro automatický provoz a to příkazem *AutoTrain*  z nabídky *Schedule*. Zde je možné nastavit v každém oddílu rozjetí a zastavení, stiskem ikony  se objeví zelené označení na pravé straně zvoleného oddílu. Toto indikuje, že se má vlak v tomto oddílu rozjet směrem doprava. Pro opačný směr rozjetí doleva se provede podobně symbolem . Zastavení v oddílu je možné nastavit symbolem . Tím se stanoví že má vlak vjet do označeného oddílu zprava doleva a zde ukončit jízdu, pro zastavení v opačném směru je symbol . Při stavbě jízdní cesty a po nastavení oddílů, kde se vlak má rozjet a kde zastavit, pomocí ikony  program Rocomotion nyní zkontroluje, zda existuje cesta mezi oddíly a v místech případné jízdní cesty se obsazené oddíly podbarví ve stejné intenzitě barev. Ikonou  se provede případné nastavení typu jízdních režimů (normální, kyvadlová a cyklická doprava). Dále je zde možnost nastavení opakování jízdního režimu a jeho opětovná aktivace po zadaném časovém intervalu. Dobu čekání v oddílu je možné provést kliknutím na ikonu  v poli *Wait and Signal* a zvolením hodnoty v nasimulovaných sekundách. Trvání takové simulované sekundy vyplývá z rychlosti neviditelných hodin obsazených v programu. Spuštění jízdní cesty se provede po stisku ikony . Uložení jízdní cesty pro další použití je možné symbolem .

Vizuální výpravčí

Umožňuje hlídání provozu na celém kolejišti a provádět částečně nebo plně automaticky řízené jízdy vlaků. Jedna jediná osoba může normálně hlídat a řídit jen stavědlo a jeden až dva vlaky současně. Má-li být řízen vyšší počet vlaků současně, byla by potřeba další obsluhující osoba nebo počítač, na kterém poběží program Rocomotion. Po vytvoření kolejového plánu a oddílů program vypočítá na tomto základě plán oddílů automaticky a zobrazí ho v okně virtuálního výpravčího.

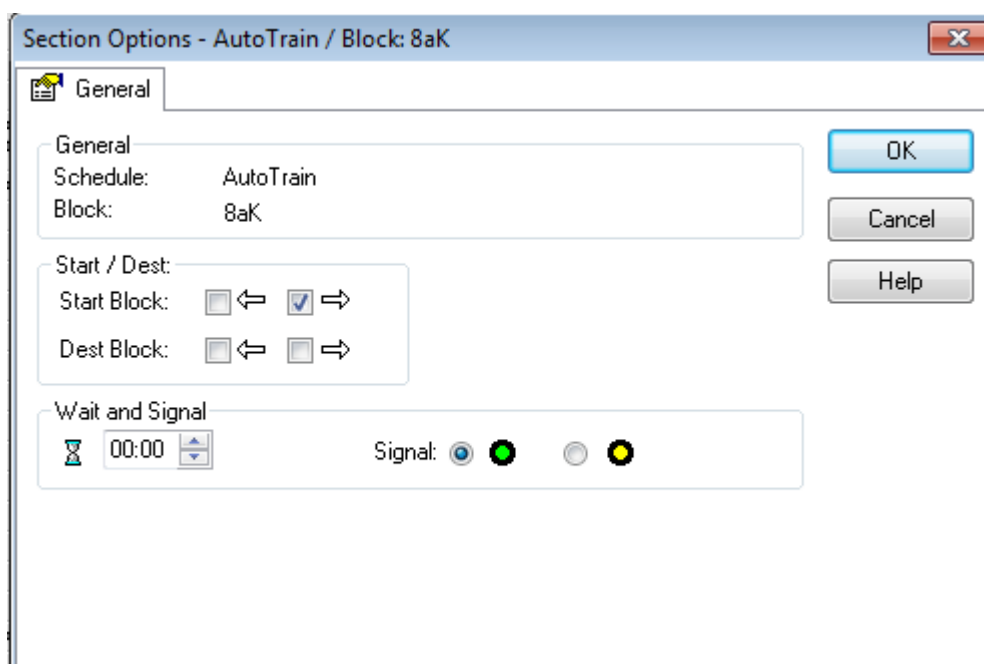


Obr. 45: Okno vizuálního výpravčí.

Oddíly se na monitoru zobrazí jako obdélníky, zatímco vlakové cesty nebo propojení jako čáry mezi těmito oddíly. Při jízdě vlaků z jednoho oddílu do druhého, musí dojít v této trase k správnému nastavení polohy všech výhybek. Proto jsou každé dva oddíly propojeny výhybkovou trasou, která se programem vytvoří a zaznamená automaticky podle existujícího kolejového propojení mezi oddíly (*Traffic-Boxy*). Vlaková cesta se programem automaticky vloží mezi dva oddíly vždy, když obsahuje symbol výhybky nebo křižovatky v kolejovém spojení mezi oddíly. Vlakové cesty se používají vždy, když je třeba přestavit výhybky předtím než vlak může jet z jednoho oddílu do druhého. K řízení vlaku musí být znám plánovaný směr jízdy v lichém nebo sudém směru.

Jízdy vlaků

Slouží pro požadovaný pohyb vlaků a stavují se z počátečního do cílového oddílu. Vizualizace a spouštění jízdnicích cest v dispečerském okně se zapne příkazem z nabídky *Window* položkou *Dispatcher*. Jízda vlaků může obsahovat jen takové objekty, které byli předtím zadány do plánu oddílů kolejiště. Zobrazení polohy každého objektu na monitoru se řídí rovněž touto polohou v plánu oddílů. V případě změny elementu v plánu oddílů, posunu nebo smazání, se odrazí tato změna ve všech jízdách vlaků, které tento element používají. Tímto způsobem může být mnoho jízd vlaků pohodlně udržováno centrálními změnami v plánu oddílů. Každá jízda vlaku obsahuje jeden nebo několik počátečních a cílových oddílů. Počáteční oddíly jsou značeny zeleně, cílové oranžově nebo červeně. Cílový oddíl v jízdě vlaků může být libovolně následující nebo i počáteční u jízd vlaků kruhově. Počáteční a cílové oddíly a další nastavení pro jízdu vlaku se zadají v níže uvedeném okně vyvolaném v nabídce nástrojů *AutoTrain* symbolem *Section settings*

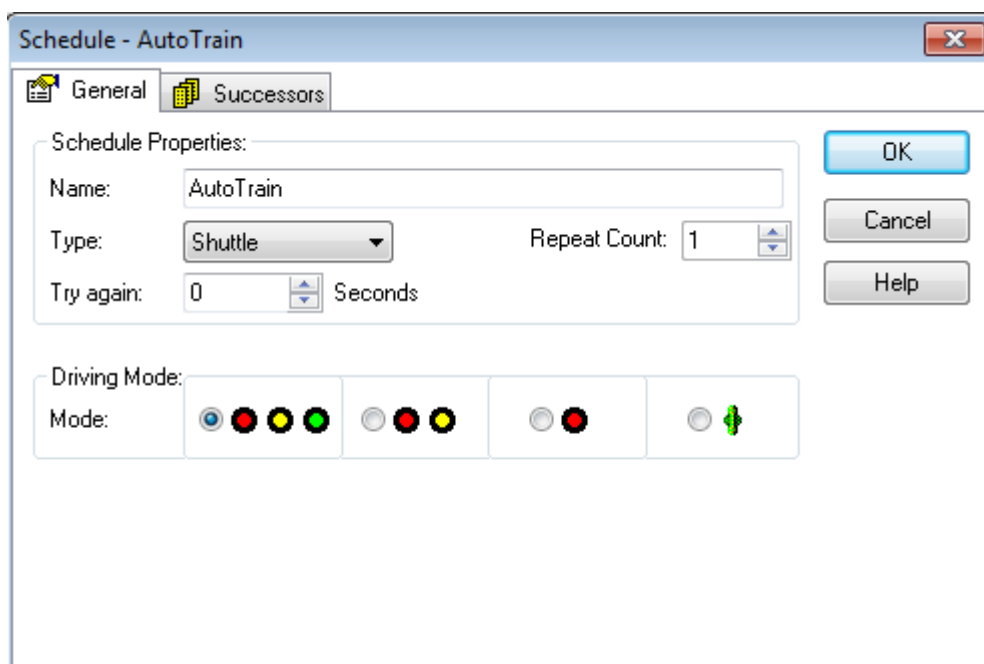


Obr. 45: Okno nastavení jízdy vlaků.

Počáteční oddíly každé jízdy vlaku musí být stanoveny explicitně, z vycházejících zadaných počátečních oddílů zjišťuje program určité cílové oddíly automaticky. Každý oddíl bez propojení s následujícím oddílem této jízdy vlaku ve směru jízdy se stává automaticky cílovým oddílem. Aby se zabránilo nekonečným smyčkám, stává se každý počáteční oddíl jízdy vlaku do kruhu automaticky cílovým oddílem, ale je možné další cílové oddíly stanovit manuálně. Během jízdy vlaku není možné obrátit směr jízdy před ukončením aktuální jízdy a zaměnit během jízdy vlaku jedoucí vlak.

Pro pestrý provoz nebo zvláštní provozní situace lze stanovit, zda má být jízda vlaku řízena plně automaticky nebo prováděna manuálně. V případě že se nepodaří zahájení jízdy vlaku, po určité době program zkouší spuštění opakovat. Zda a na jakou dobu se má v jednotlivých traťových úsecích zastavit. Jestli mají být jednotlivé traťové úseky projížďeny sníženou rychlostí. Zda a pokud ano, jak často má být jízda vlaku po ukončení cyklicky nebo kyvadlově opakována. Volba dalších jízd, které po ukončení dané jízdy mají být zvoleny buď podle dispozice nebo náhodně. Když není nalezen v oddílu jízdy vlaku žádný vlak, nebo všechny vlaky už provádějí jízdu jiným způsobem, nemůže být jízda vlaku zahájena. V případě když se nachází v nějakém oddíle v jízdě cestě lokomotiva a nebo když nemůže být vlaková cesta do tohoto oddílu aktivována, pak se interně pro tento oddíl a odpovídající směr jízdy postaví vypočtení návěstidlo na pozici stůj, a vlak nepokračuje do té doby než je oddíl volný. Proto platí pokaždé, když vjede vlak do oddílu, je oddíl nacházející před ním rezervován.

Normálně pokud nebyl zvolen žádný zvláštní typ provozu, jízda se provede obvyklým způsobem z počátečního bodu do cílového nebo zpět. V obrázku 46 je možné tento typ provozu změnit na kyvadlový *Shuttle* a kruhový *Cycle*. Při opakované kyvadlové jízdě, se lokomotiva spustí při ukončení jízdy vlaku a znovu se opakuje jízda v opačném. Lze zadat počítadlo, které stanovuje, jak často má jet kyvadlový vlak. Jízda vlaku lze opakovat i kruhově cyklicky jako jízdu uzavřenou do kruhu. V tomto případě se lokomotiva při ukončení jízdy vlaku znovu rozjede a jízda vlaku se opakuje stejným směrem jako předtím i s možností opakování.



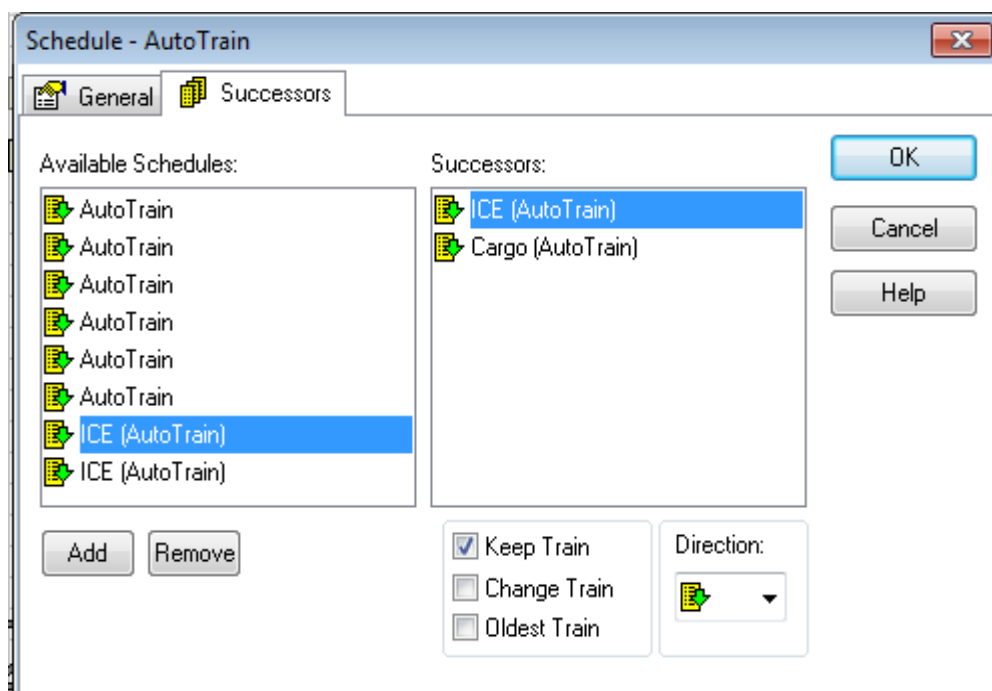
Obr. 46: Nastavení typu provozu a režimu jízdy.

Pro každou jízdu lze natavit mód jízdy. Při jízdě plně řízené uživatelem, je mu předána role strojvedoucího a přebírá úkony pro rezervaci oddílů, stavění vlakových cest a vyhodnocování oddílových návěstidel. Uživatel je zodpovědný za sledování návěstidel a dodržování omezení rychlosti. Míru zodpovědnosti je možné kombinovat jak je uvedeno v tabulce 19. Tak je možné například manuálně řídit lokomotivu, ale před návěstidlem stůj může program zasáhnout aby zastavil vlak.

Tab. 19: příklad nastavení registru CV29.

Režim jízdy	Vysvětlivky
	Vlak je kompletně řízen výpravčím
	Program zasahuje při snížené rychlosti nebo zastavení vlaku
	Program zasahuje při zastavení vlaku
	Vlak je plně řízen uživatelem
	Jízda vlaku je plánována pro posun

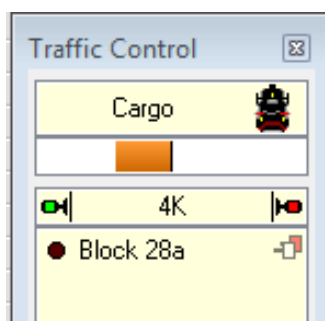
Pro každou jízdu vlaku je možné stanovit počet dalších jízd vlaků, ze kterých se zahájí jedna nebo všechny po ukončení jízdy vlaku automaticky. Aplikace principu následné jízdy vlaku je základem pro mnoho provozních oběhů. Lze vytvořit celé řetězce jízdy vlaků, přičemž volitelný mechanismus náhod může zabezpečit napínavý a pestrý provozní oběh. Různými kombinacemi nastavení je možné ovlivnit, jak se přenáší kontrola jízdy vlaku na následující jízdu. Následná jízda je volena náhodně je možné nastavit, zda má být vlak pro další jízdu ponechán zaškrtnutím políčka *Keep Train*. Zda má být vždy provedena změna vlaku aktivováním políčka *Change Train* a nebo jestli má být spuštěn nejstarší vlak *Oldest Train*, který už dlouho neprováděl žádnou jízdu. Pokud se nezvolí žádná z těchto možností, vybere se pro následnou jízdu nějaký vhodný vlak. Tímto nastavením je možné uskutečnit řízení skrytého nádraží. Vlak vjíždějící do skrytého nádraží může automaticky dbát o to, aby byl náhodně vybrán jiný vlak, který vjede do skrytého nádraží.



Obr. 47: Zvolení následnosti jízdy vlakových cest.

Řízení provozu

Během provozu kolejíště v nabídce *Window* je záložka *Traffic control*, která zobrazuje stav aktuálně zvoleného vlaku, oddílu nebo vlakové cesty a stav eventuálního přiřazeného zpětného hlásiče. Rychlost vlaku se znázorní barevným proužkem. Rovněž se zobrazí stav oddílu a návěsti platné pro aktuální odjezd.



Obr. 48: Okno pro záznam vlakové cesty.

Programování modulu zpětného hlášení 10787 pomocí Rocomotion

V případě využití více jak jednoho zpětného hlásiče, je nutné jim nastavit adresu aby byli jednotlivě rozpoznatelné. U daného oddílu se zvolí v nastavení karta *Indicators*. Tam otevřením nastavení bloku v záložce *Connection* zvolíme *Input* na následující hodnotu např. 2 a stiskneme *Setup* a dále se řídíme pokyny na monitoru. Důležité při programování modulu zpětného hlášení je, že vždy je připojen jen jeden modul zpětného hlášení. Během normálního provozu může být připojeno několik modulů, jejichž adresy musí následovat ve vzestupném pořadí.

10. Verifikace a testování systému

Verifikace návrhu bezpečnostního systému byla provedena dle závěrových tabulek. Byli přezkoušeny jednotlivé vlakové cesty pro jízdu vlaku a posun. Muselo být umožněno postavení vlakových cest v řídicí aplikaci a po stanovení vlakové cesty se důkladně kontrolovala definovaná poloha výhybek uvedená v závěrových tabulkách. Správná poloha výhybek v programu musela být shodná s těmi na řízeném modelu, v jiném případě došlo k přepojení, nebo natavení jiné adresy pro přestavník. Dále se pro vlakové cesty testoval přenos návěstí a funkčnost jednotlivých návěstidel, které byli řízeny a zobrazeny v řídicí aplikaci. Aby byl vytvořen automatický provoz, byli nastaveny adresy jednotlivých oddílů dané zapojením. Obsazenost a zobrazení polohy vlaků v oddílech se kontrolovala pro každý oddíl jednotlivě. Po vytvoření automatického provozu více lokomotiv, byla otestována při jízdě rezervovanost oddílů. V případě vytvoření jízdní cesty přes obsazený oddíl bylo zásadní zajistit zastavení vlaku v předešlém oddílu, dokud druhý vlak obsazený oddíl neopustí. V případě obsazenosti oddílu bylo nutné zajistit aby na předešlém oddíle bylo návěstidlo ve stavu stůj (červená). Po dokončení zmíněného nastavení a po přezkoušení jsem pozoroval schopnost systému reagovat na nečekané situace, kdy v několika případech došlo k vykolejení nebo jízdy na jinou kolej než bylo definováno. Vyskytlé chyby byli experimentálně testovány a byli způsobeny nesprávným zadáním jízdní cesty a nastavením parametrů, nebo v některých případech rušením a tím ztráty informací důležitých pro řízení provozu. V případě jedné lokomotivy docházelo k velkému dopravnímu zpoždění a tím opožděných reakcí na řídicí informace. Toto zpoždění mělo vliv na automatický provoz a hlavně ovlivňovalo místo zastavení v jednotlivých oddílech. Chyba zpoždění se u jiných lokomotiv nevyskytovala a proto jsem došel k závěru že to bylo způsobeno špatným nastavením dekodéru lokomotivy dané výrobcem.

Celková teoretická proudová zátěž digitálního systému:

- | | |
|---|--|
| • Stojící lokomotiva se zapnutým osvětlením | $I = 100 \text{ [mA]}$ |
| • Jeden jedoucí vlak, dle délky a váhy soupravy | $I = 300 \text{ až } 600 \text{ [mA]}$ |
| • Osvětlení vagónu, každá žárovka přibližně | $I = 30 \text{ [mA]}$ |
| • Digitální spřáhla, nebo kouřový generátor | $I = 100 \text{ [mA]}$ |
| • jednotlivá dioda návěstidla | $I = 0 \text{ až } 20 \text{ [mA]}$ |
| • Elmag. přestavník- špičkový proud(občas) | $I = 500 \text{ [mA]}$ |

Pokud je v určitém úseku odběr vyšší než 2,5 A, dochází k přetížení systému a červená led dioda na centrále bliká. V tomto případě je nutné vhodněji rozdělit úseky a rozvržení proudových odběrů při běžném provozu a nebo zapojením Boosteru (zesilovače).

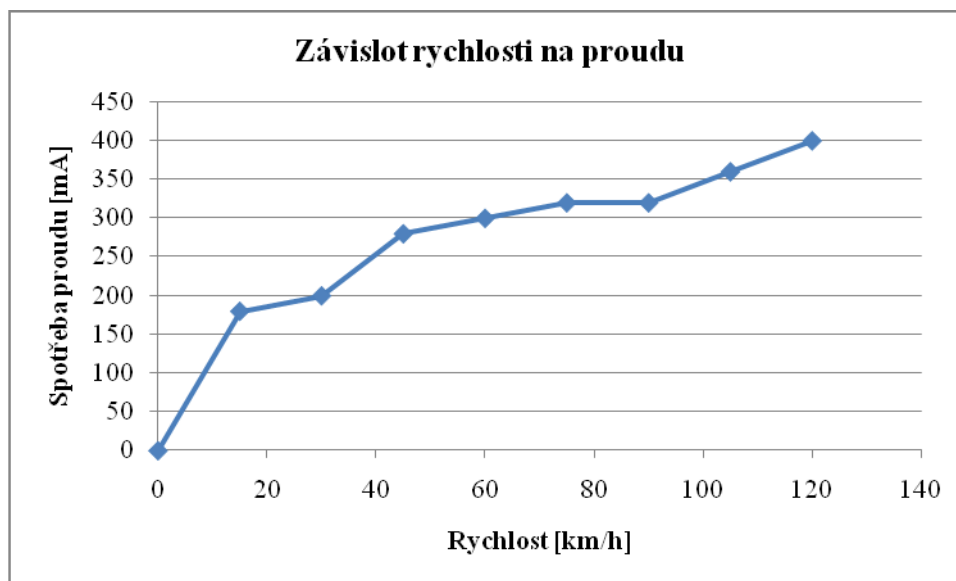
Celková změřená proudová zátěž digitálního systému:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| • Stojící lokomotiva se zapnutým osvětlením | $I = 0 - 50 \text{ [mA]}$ |
| • Jeden jedoucí vlak, dle délky a váhy soupravy | $I = 15 \text{ až } 400 \text{ [mA]}$ |
| • Osvětlení vagónu, každá žárovka přibližně | $I = 15 \text{ [mA]}$ |
| • jednotlivá dioda návěstidla | $I = 20 \text{ [mA]}$ |
| • Elmag. přestavník- špičkový proud(občas) | $I = 430 \text{ [mA]}$ |

V následující tabulce a grafu je vyhodnocena závislost rychlosti a sklonu jízdy lokomotivy ICE na množství odebraného proudu a to v jízdě při stoupání, klesání a jízdě po rovině. Po vyhodnocení je zřejmé že nejvyšší spotřebu proudu měla lokomotiva při jízdě do kopce a při jízdách z kopce se dosahovalo téměř nulové spotřeby el. proudu. Uvedená rychlost je aktuální rychlost předlohy, která je nastavena v řídicí aplikaci, to znamená že pro reálnou hodnotu by se musel provést přepočet.

Tab. 20: Závislost jízdy na proudu při stoupání.

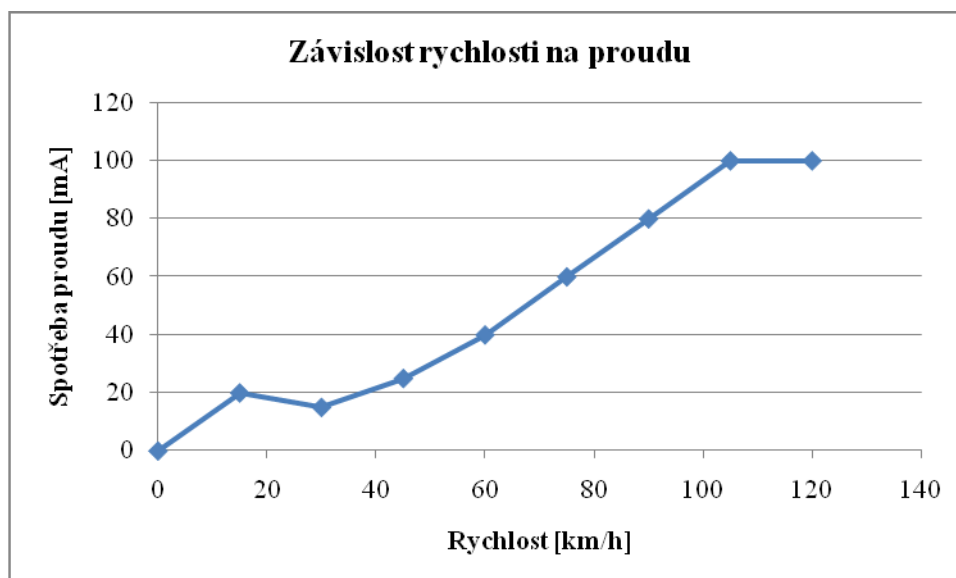
Jízda při stoupání									
Rychlost [km/h]	0	15	30	45	60	75	90	105	120
Proudová zátěž [mA]	0	180	200	280	300	320	320	360	400



Graf. 1: Znázornění závislosti proudu na rychlosti a sklonu lokomotivy.

Tab. 21: Závislost jízdy na proudu při sklesání.

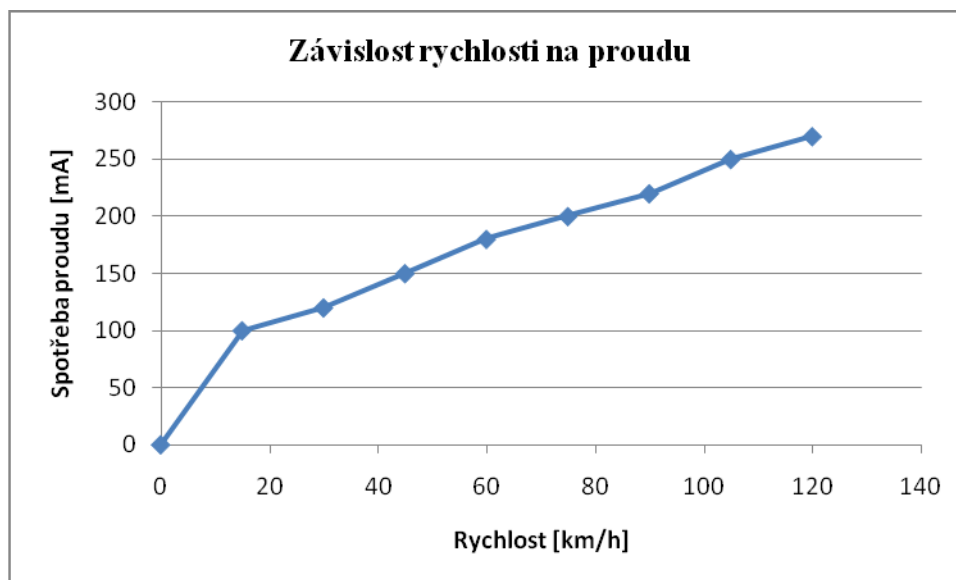
Jízda při klesání									
Rychlost [km/h]	0	15	30	45	60	75	90	105	120
Proudová zátěž [mA]	0	20	15	25	40	60	80	100	100



Graf. 2: Znázornění závislosti proudu na rychlosti a sklonu lokomotivy.

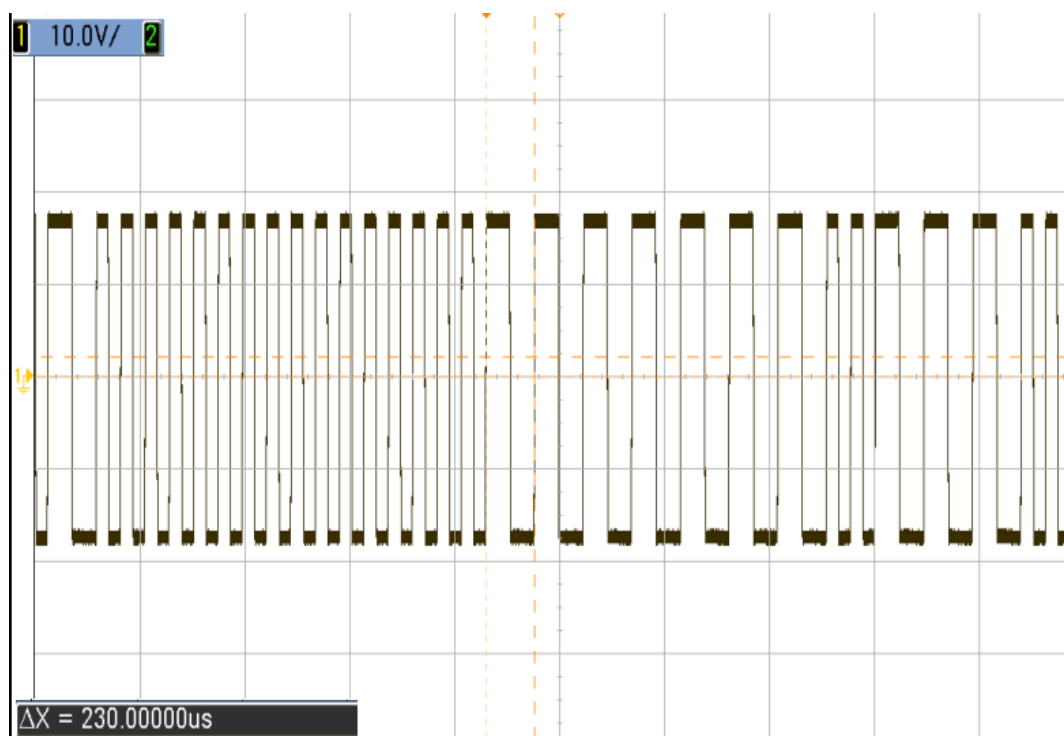
Tab. 22: Závislost jízdy na proudu při sklesání.

Jízda po rovině									
Rychlost [km/h]	0	15	30	45	60	75	90	105	120
Proudová zátěž [mA]	0	100	120	150	180	200	220	250	270



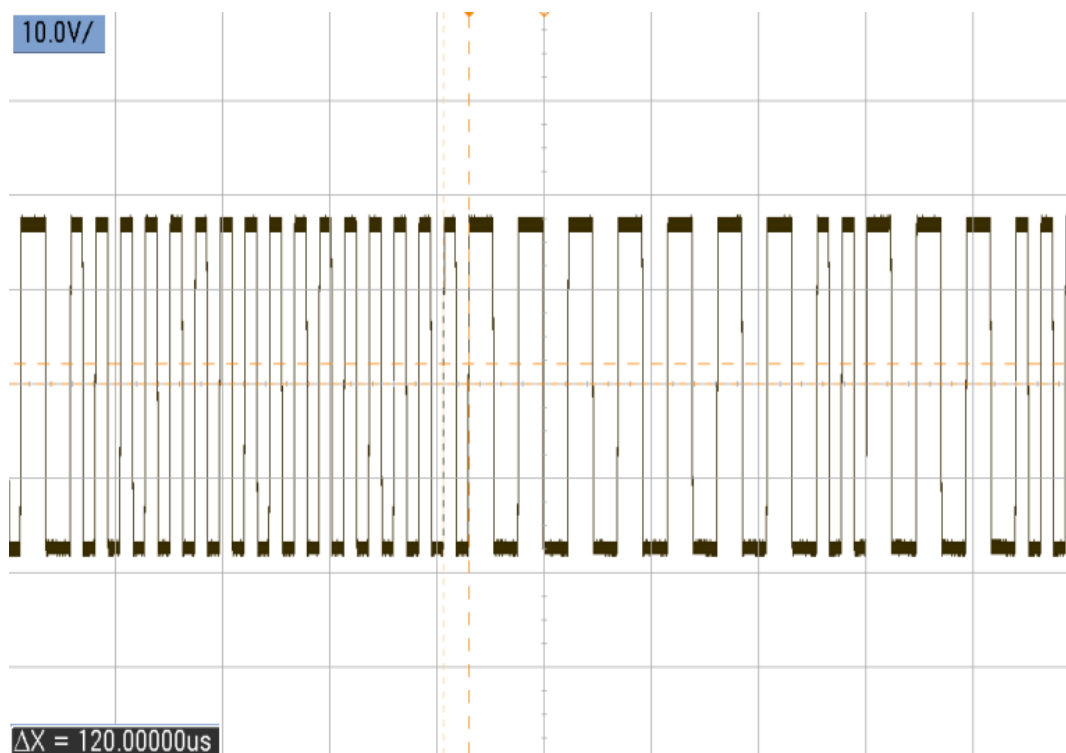
Graf. 3: Znázornění závislosti proudu na rychlosti a sklonu lokomotivy.

U DCC signálu bylo naměřeno střídavé napětí 25 V a podle průběhu v osciloskopu dosahovalo hodnot napětí špička, špička 38 V. Výstupní stejnosměrné napětí z dekodérů se pohybovalo v rozmezí 14 - 16 V. Na obrázku 49 je zobrazen paket DCC komunikace a změřena perioda log. 0, která je 230 μ s.



Obr. 49: DCC komunikace a log. 0.

Na obrázku 50 je zobrazen stejný paket, ale je změřena perioda log. 1, která je 120 μ s. Podle teorie dochází ke zpoždění přibližně o 15 μ s u obou dvou stavů, toto zpoždění je způsobené poklesem strmosti hran signálu vlivem indukčnosti a zátěže všech dekodérů připojených k DCC signálu a vzniklých zákrmitů. Řídící stanice proto musí časovat vysílání s co nejvyšší přesností. Tento paket začíná záhlavím, minimálním počtem 10 bitů log. 1. Adresový bajt začíná log. 0 a dále už jsou na 8 bitech přenášena data a u datového bajtu je do obdobné. Ukončovací bit se do průběhu nevešel a proto není znázorněn celý paket, ale pro kontrolu s teoretickými předpoklady je dostačující.



Obr. 50: DCC komunikace a log. 1.

11. Závěr

V diplomové práci byli identifikovány problémy související s bezpečným řízením dopravy, specifikování zabezpečovacího zařízení využívaného v železniční dopravě a k tomu je doplněna analýza řízení modelů železnic. Byl kladen důraz na viditelnost a správnost jednotlivých funkcí řídicích modulů umožňujících ukázkou, jako možných zabezpečovacích prvků. Dále je popsán podrobný postup návrhu a realizace řízeného železničního modelu, navržené řídicí a zabezpečovací prvky systému jsou popsány v situačním schématu a následně příslušně označeny. Pro situační schéma byli vytvořeny závěrové tabulky jednotlivých vlakových cest a posunů. V těchto tabulkách je dále uvedeno přestavení projížděných výhybek u jednotlivých vlakových cest, pro které je definován přenos návěstění. Celý postup návrhu zabezpečovacího zařízení a návrh samotný je v souladu s předpisy drážního provozu ČD D1, D2 a D3. Následně po realizaci modelu byli testovány elektronické prvky, do jisté míry podobným postupem jako ve firmě AŽD Praha s.r.o., která se touto problematikou zabývá. Testování dle závěrových tabulek ověřilo správnou funkčnost výhybek, obsazenost oddílů a návěstidel. Dále se přezkoušela posloupnost návěstidel a jejich přenosů. Zadáním a nastavením veškerých prvků kolejiště do vývojového prostředí Rocomotion, byla vytvořena řídicí aplikace umožňující řízení a vizualizaci modelu. Program dopomohl k testování a ověření jízdy až třech lokomotiv a zabezpečení provozu s volbou manuálního a plně automatického provozu. Přezkoušel jsem funkčnost, zobrazení a rezervace jednotlivých oddílů, polohu a zobrazení všech vlaků, návěstidel a osvětlení. K vytvoření automatického provozu bylo dosaženo specifikováním brzdných drah v oddílech, vytvoření jízdních tras a časové rozvržení dopravního provozu. Výsledný systém dopravy umožňoval alternativní chování procesů řízení, z toho důvodu mohlo docházet k poruchovým stavům, nebo dokonce i k haváriím. Mým cílem bylo co nejvíce snížit rizika, která by mohla nastat. Správným nastavením všech prvků a experimentováním různých kombinací provozu se mi podařilo zajistit bezpečnost provozu. Samozřejmě bezpečností řídicí systém není zcela úplný a spolehlivý. Přidáním dalších zabezpečovacích prvků by se bezpečnost zvýšila, ale pro ukázkou zabezpečení běžného železničního provozu je návrh a implementace dostačující.

Realizované řešení je možné rozšířit jakýmkoliv prvky dodržující DCC/NMRA standart. Periferie pro doplnění modelu mohou být např. optoelektronické závory, kamerový systém pro dohled provozu, detekci přítomnosti vlaku nebo jednotlivých stavů návěstidel a umožnění zásahu do řízení provozu. Další možností je aplikování výhybkových dekodérů a dekodérů pro návěstidla s procesorem a vlastní pamětí umožňující zjednodušení propojení, nevýhodou je cenová náročnost součástek pro dekodér. Model je modifikovatelný a je možno ho doplnit o stavební prvky, zavedení silniční dopravy a zkombinování bezpečnosti zmíněných infrastruktur například pomocí přejezdového zabezpečovacího zařízení. Větším nedostatkem práce je zabezpečení polohy výhybky proti přestavení a její zpětná vazba do řídicího systému a tím zobrazení znázorňující reálnou polohu stavu výhybky.

Srovnání navrženého bezpečnostního a řídicího systému s komponenty využívaných na reálně železnici je složité z důvodů odlišné použité technologie: I přes to je možné porovnat jednotlivé zabezpečovací prvky, návěstidla a výhybky plnili totožnou funkci s rozdílem způsobu řízení. Pro tvorbu oddílů jsem využil izolačních spojek a napěťových snímačů, které by v realitě nemohly být použity. Místo toho pro zjištění pozice vlaků se vytvářejí vlakové oddíly nebo pro lokální detekci počítače náprav. Počítačové řízení je z části totožné, Hlavní funkcí řídicí aplikace je možnost ovládat jízdu vlaků, stavění vlakových cest a vizualizace provozu, kde tyto požadavky jsou v mém i reálném světě podobné.

Seznam literatury

- [1] Telematika. [online]. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
<http://www.ibm.com/cz/cs/>
- [2] Dopravní informační systém. [online]. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
<http://ksvi.mff.cuni.cz/~holan/telematika.pdf>
- [3] LEJČAR, Ivan. *Příměstská železnice - páteř veřejné dopravy v aglomeracích*. 1. vyd. Praha: Centrum pro efektivní dopravu, 2010, 67 s. ISBN 978-80-254-8087-8.
- [4] Předpis ČD D1, D2 D3. [online]. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
<http://www.iwan.eu07.pl/danone39/predpisy.htm>
- [5] Zabezpečovací zařízení želez. dopravy. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
http://cena-dekana.fd.cvut.cz/prezentace/4_rocnik/hruza_filip/prace.pdf
- [6] Zabezpečovací technika želez. dopravy. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
<http://projekt150.ha-vel.cz/node/130>
- [7] STÁREK, Zbyněk a Vojtěch VONDRÁK. *Železniční modelářství pro každého: od historie modelů po digitální ovládání kolejíště*. Vyd. 2. Praha: Computer Press, 2003, ix, 209 s. Hobby. ISBN 80-251-0168-1.
- [8] Obrázky mechanických komponent. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
<http://www.itvlaky.cz/pkcomputers/eshop/6-1-KOLEJE-TROLEJE-a-PODLOZI/53-3-ROCO-GeoLine-podlozi-2-1-mm>
- [9] Komunikace S-com
<http://www.mtbbus.cz/scom/s-com.htm>
- [10] Dekodér Kuehn WD10. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
http://www.itvlaky.cz/fotky18461/fotov/_ps_909_ps_909kuehn-WD10_de_b.pdf
- [11] Modul zpětného hlášení. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
http://www.itvlaky.cz/fotky18461/fotov/_ps_2567RO10787.pdf
- [12] Napěťový snímač. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
http://www.itvlaky.cz/fotky18461/fotov/_ps_2568gbm8_06_10_de.pdf
- [13] Modul vratné smyčky. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
<http://www.itvlaky.cz/pkcomputers/eshop/0/3/5/4473-DCC-Reverz>
- [14] Digitální centrála. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
http://www.itvlaky.cz/fotky18461/fotov/_ps_1185RO10786-navod-CZ.pdf

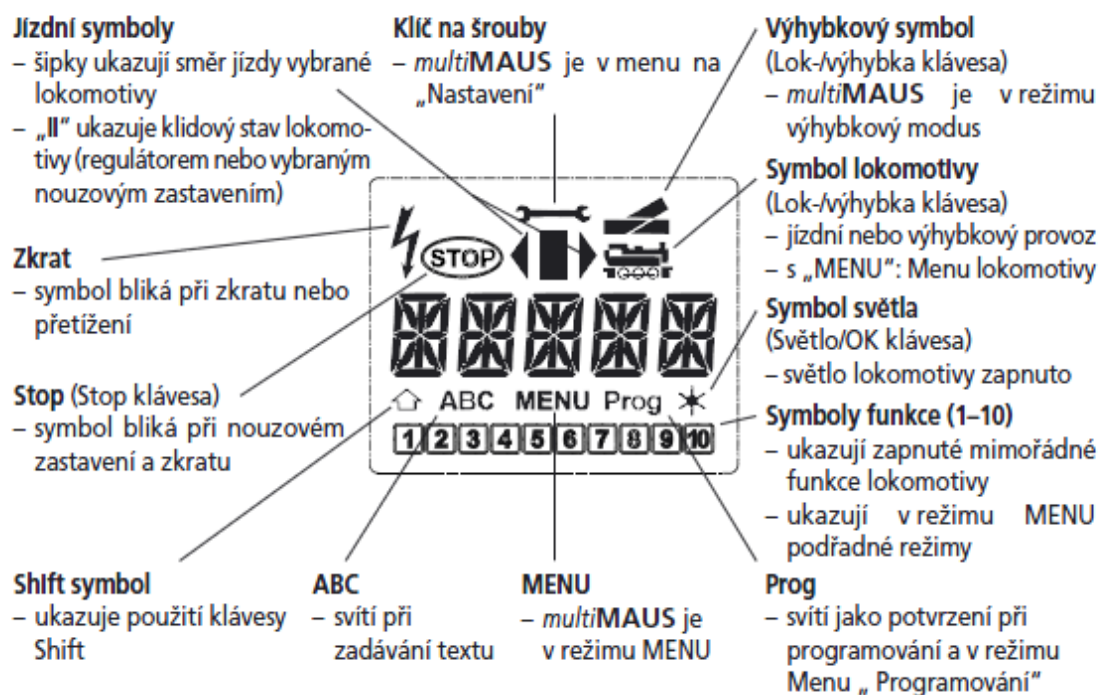
- [15] Ovladač Locmouse. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
http://www.roco.cc/uploads/documents/pdf/multiMAUS/10810_multimaus_cz.pdf
- [16] DCC standard. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
http://www.mtbbus.cz/dcc/dcc_doc.htm
- [17] Sběrnice XpressNet. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
<http://www.lenzusa.com/1newsite1/Manuals/xpressnet.pdf>
- [18] Protokol RocoNet. [cit. 2014-27-4]. Dostupné z:
<http://wiki.rocrail.net/lib/exe/fetch.php?id=roco-cs-fr&cache=cache&media=roconet:roconet-v1.6.1.pdf>

Seznam příloh

- I Příloha č.1 - Popis displeje ovladače.**
- II Příloha č.2 - Seznam výhybek.**
- III Příloha č.3 - Závěrová tabulka výhybek část1.**
- IV Příloha č.4 - Závěrová tabulka výhybek část2.**
- V Příloha č.5 - Závěrová tabulka výhybek část3.**
- VI Příloha č.6 - Závěrová tabulka výhybek část4.**
- VII Příloha č.7 - Závěrová tabulka výhybek část5.**
- VIII Příloha č.8 - Závěrová tabulka přenosu návěstí.**
- IX Příloha č.9 - Návrh DPS návěstidel ve vrstvě TOP.**
- X Příloha č.10 - Celkové schéma zapojení.**
- XI Příloha č.10 - Tabulka zapojení snímačů GBM-8**

I Příloha č.1 - Popis displeje ovladače.

Všechny funkce multiMAUS lze kontrolovat přes velký osvětlený LCD displej a zde jsou uvedeny symboly nutné pro použití.



II Příloha č.2 - Seznam výhybek

Označení	Typ	Dekodér	Skupina	Adresa	Umístění
1	Pravá	K4	A	26	Výhybna
2	Levá	K4	A	25	Výhybna
1	Pravá	K4	A	27	VSΒ
2L	Trojítá	K3	A	20	VSΒ
2P	Trojítá	K3	B	21	VSΒ
3P	Trojítá	K3	B	23	VSΒ
3L	Trojítá	K3	B	22	VSΒ
4	Pravá	K3	B	19	VSΒ
5	Levá	K3	A	24	VSΒ
6a	Křížová	K2	B	15	VSΒ
6b	Křížová	K2	B	16	VSΒ
7	Levá	K2	B	14	VSΒ
8	Pravá	K1	B	8	VSΒ
9L	Trojítá	K1	B	6	VSΒ
9P	Trojítá	K1	B	7	VSΒ
10P	Trojítá	K1	A	2	VSΒ
10L	Trojítá	K1	A	3	VSΒ
11	Levá	K1	A	1	VSΒ
12	Levá	K1	B	5	VSΒ
13	Levá	K1	A	4	VSΒ
14	Pravá	K2	B	13	VSΒ
15	Pravá	K2	A	9	VSΒ
16	Levá	K2	A	11	VSΒ
17	Levá	K2	A	10	VSΒ
18	Levá	K2	A	12	VSΒ
19	Pravá	K3	A	17	VSΒ
20	Pravá	K3	A	18	VSΒ

III Příloha č.3 - Závěrová tabulka výhybek část 1.

Závěrová tabulka výhybek vlakových cest pro Hlavní stanici.

[illegible]

IV Příloha č.4 - Závěrová tabulka výhybek část 2.

Závěrová tabulka výhybek posunových cest pro Hlavní stanici.

[illegible]

V Příloha č.5 - Závěrová tabulka výhybek část 3.

Závěrová tabulka výhybek posunových cest pro Hlavní stanici.

[illegible]

VI Příloha č.6 - Závěrová tabulka výhybek část 4.

Závěrová tabulka výhybek posunových cest pro Hlavní stanici:










68	PC od Se15 na 1K									R	L	L							
69	PC od Se15 na 2K						P			L	L	L							
70	PC od Se15 na 3K								L		L	P							
71	PC od Se15 v9-10 na 3K									P	L	L							
72	PC od Se15 na 4K						P	L	L		L	L							
73	PC od Se15 na 6-18K						L	L	L		L	L							
74	PC od Se14 na 1K									R	R								
75	PC od Se14 na 2K								P		L	R							
76	PC od Se14 na 3K									P	P	R							
77	PC od Se14 na 4K						P	L	L		L	R							
78	PC od Se14 na 6-18K						L	L	L		L	R							
79	PC od Se13 na 6K												P	P	P				
80	PC od Se13 na 8K													P	L				
81	PC od Se12 na 4K							P	P										
82	PC od Se12 na 6a-18K							L	P										
83	PC od Se7 na 1K	L	R													P	P	P	P
84	PC od Se7 na 2K	L	R	P												P	P	P	P
85	PC od Se7 na 3K	L	L	L												P	P	P	P
86	PC od Se7 na 8bK															P		L	L
87	PC od Se6 na 1K	L	R													P	P	L	L
88	PC od Se6 V17 -19 na 1K	L	R													L	L	P	P
89	PC od Se6 na 2K	L	P	P												P		L	L
90	PC od Se6 V17 -19 na 2K	L	P	P												L	L	P	P
91	PC od Se15 na 1K										R	L	L						
92	PC od Se15 na 2K								P		L	L	L						

VII Příloha č.7- Závěrová tabulka výhybek část 5.










Závěrová tabulka výhybek posunových cest pro Hlavní stanici.

[illegible]

VIII Příloha č.8 - Závěrová tabulka přenosu návěstí.

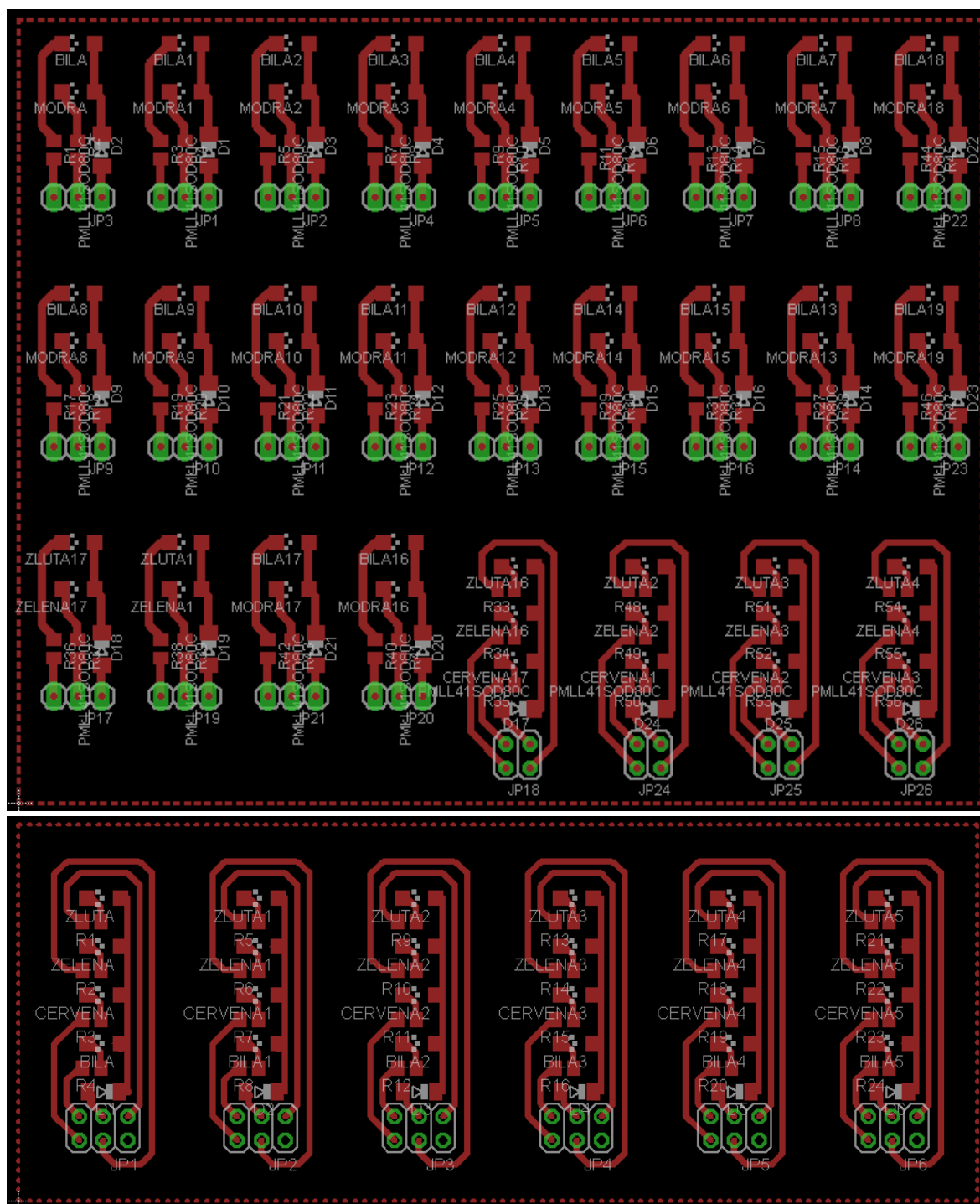
Jízdní cesta	Návěstidla a jejich stavy		
L →1K	PrL	L	L1
			
			
			
L →2K	PrL	L	L2
	Návěsti viz. předcházející cesta		
L →3K	PrL	L	L3
	Návěsti viz. předcházející cesta		

L1 →T1		L1	
			
L2 →T1		L2	
			
L3 →T1		L3	
			

S →1K	PrS	S	S1
			
			
			
S →2K	PrS	S	S2
	Návěsti viz. předcházející cesta		
S →3K	PrS	S	S3
	Návěsti viz. předcházející cesta		

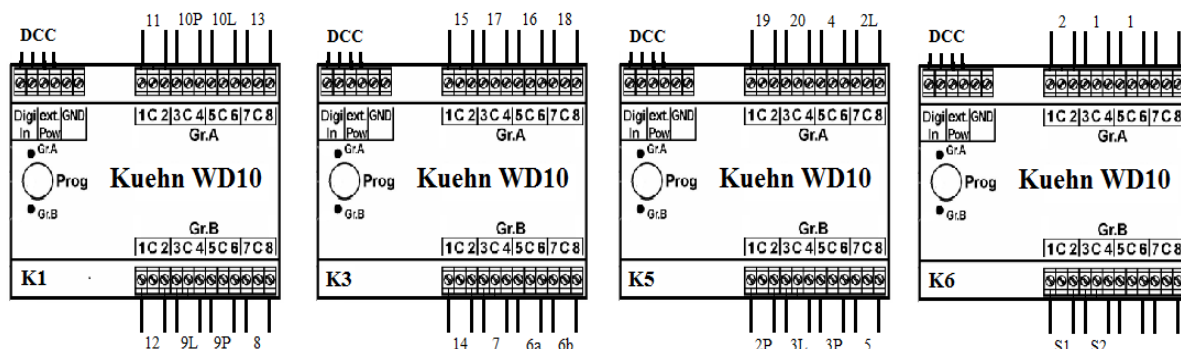
S1 →T1		L1	
			
S2 →T1		L2	
			
S3 →T1		L3	
			

IX Příloha č.9 - Návrh DPS návěstidel ve vrstvě Top.

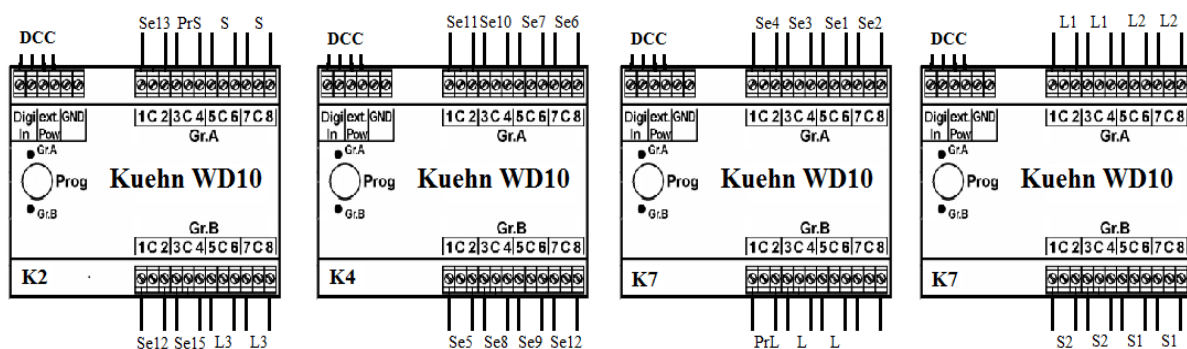


X Příloha č.10 - Celkové schéma zapojení.

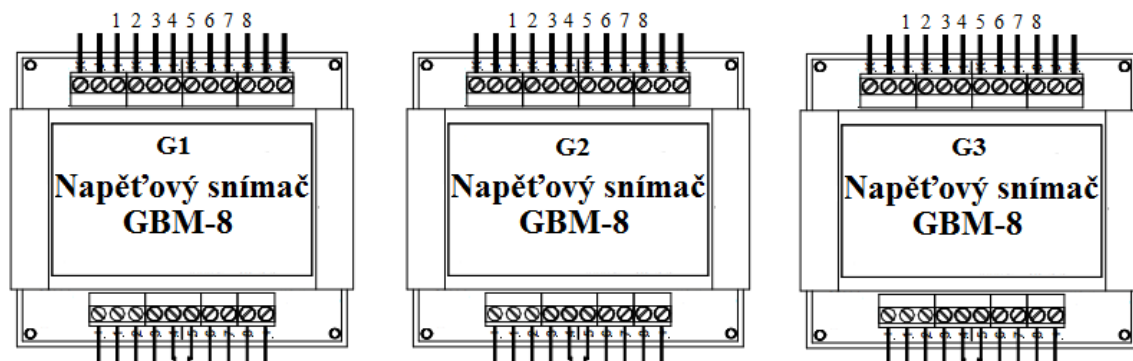
Zapojení výhybkových dekodérů, označení výhybek je dle situačního schématu.



Zapojení dekodérů pro výhybky, označení návěstidel je dle situačního schématu.



Zapojení napěťových snímačů, jednotlivé vstupy jsou zapojeny do oddílů uvedené v příloze č.11. Jednotlivé oddíly jsou značeny dle situačního schématu.



XI Příloha č.11 - Tabulka zapojení Snímačů GBM-8.

Označení oddílů je uvedeno dle situačního schématu.

Označení snímače	Vstup	Označení oddílu
G1	1	V7
G1	2	V9-10
G1	3	V8-11
G1	4	sK
G1	5	8aK
G1	6	V12-18
G1	7	V13-14
G1	8	T1
G2	1	3K
G2	2	1K
G2	3	2K
G2	4	4K
G2	5	sK
G2	6	6K
G2	7	8K
G2	8	V1
G3	1	2cK
G3	2	V2-3
G3	3	V1-5
G3	4	LK
G3	5	T2
G3	6	V2
G3	7	8bK
G3	8	V16-20